

# Utjecaj navodnjavanja na prinos i komponente prinosa hibrida kukuruza (*Zea mays* L.)

---

Andrišić, Kristina

Master's thesis / Diplomski rad

2021

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek /  
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:335987>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-26**



Sveučilište Josipa Jurja  
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet  
agrobiotehničkih  
znanosti Osijek**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical  
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of  
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK**

Kristina Andrišić  
Diplomski studij Bilinogojstvo  
Smjer Biljna proizvodnja

**UTJECAJ NAVODNJAVANJA NA PRINOS I KOMPONENTE PRINOSA  
HIBRIDA KUKURUZA (*Zea mays* L.)  
Diplomski rad**

**Osijek, 2021.**

**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK**

Kristina Andrišić  
Diplomski studij Bilinogojstvo  
Smjer Biljna proizvodnja

**UTJECAJ NAVODNJAVANJA NA PRINOS I KOMPONENTE PRINOSA  
HIBRIDA KUKURUZA (*Zea mays* L.)  
Diplomski rad**

**Osijek, 2021.**

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Kristina Andrišić

Diplomski studij Bilinogojstvo

Smjer Biljna proizvodnja

**UTJECAJ NAVODNJAVANJA NA PRINOS I KOMPONENTE PRINOSA  
HIBRIDA KUKURUZA (*Zea mays* L.)**

**Diplomski rad**

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. Prof. dr. sc. Mirta Rastija, predsjednik
2. Izv. prof. dr. sc. Monika Marković, mentor
3. Dr. sc. Maja Matoša Kočar, član

**Osijek, 2021.**

## SADRŽAJ:

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 1.     | UVOD .....   | 1  |
| 1.1.   | Morfološka i biološka svojstva kukuruza.....                                 | 2  |
| 1.1.1. | Korijen kukuruza.....  | 2  |
| 1.1.2. | Stabljika kukuruza.....  | 3  |
| 1.1.3. | List kukuruza.....   | 4  |
| 1.1.4. | Cvat kukuruza .....  | 6  |
| 1.1.5. | Plod kukuruza.....   | 8  |
| 1.2.   | Agroekološki uvjeti za uzgoj kukuruza.....                                   | 10 |
| 1.2.1. | Zahtjevi kukuruza prema toplini .....  | 10 |
| 1.2.2. | Zahtjevi kukuruza prema svjetlosti .....                                     | 10 |
| 1.2.3. | Zahtjevi kukuruza prema vodi.....  | 11 |
| 1.2.4. | Zahtjevi kukuruza prema tlu.....   | 11 |
| 1.3.   | Agrotehnika proizvodnje kukuruza .....                                       | 12 |
| 1.3.1. | Plodored .....   | 12 |
| 1.3.2. | Obrada tla .....   | 13 |
| 1.3.3. | Gnojidba kukuruza .....  | 14 |
| 1.3.4. | Sjetva.....  | 14 |
| 1.3.5. | Zaštita usjeva.....  | 15 |
| 1.3.6. | Berba kukuruza .....   | 16 |
| 1.4.   | Utjecaj suše i potreba za navodnjavanjem kukuruza.....                       | 17 |
| 1.5.   | Navodnjavanje kukuruza u svijetu i Republici Hrvatskoj.....                  | 18 |
| 2.     | PREGLED LITERATURE .....   | 21 |
| 3.     | MATERIJAL I METODE RADA .....  | 25 |
| 3.1.   | Osnovna obilježja poljskog pokusa.....                                       | 25 |
| 3.2.   | Tretmani u poljskom pokusu.....  | 27 |
| 3.3.   | Prikupljanje i obrada podataka .....   | 32 |
| 4.     | REZULTATI.....   | 34 |
| 4.1.   | Utjecaj navodnjavanja i hibrida na prinos i komponente prinosa kukuruza..... | 34 |
| 4.2.   | Korelacijska povezanost.....   | 40 |
| 4.3.   | Učinkovitost navodnjavanja.....  | 41 |
| 5.     | RASPRAVA .....   | 42 |
| 6.     | ZAKLJUČAK .....  | 46 |
| 7.     | POPIS LITERATURE .....   | 47 |
| 8.     | SAŽETAK.....   | 51 |
| 9.     | SUMMARY .....  | 52 |
| 10.    | POPIS SLIKA .....  | 53 |
| 11.    | POPIS TABLICA.....   | 54 |
| 12.    | POPIS GRAFIKONA .....  | 55 |

## 1. UVOD

Kukuruz (*Zea mays L.*) je jedna od najzastupljenijih ratarskih kultura. U Republici Hrvatskoj, ovisno o godini, proizvodi se na oko 300 000 do 400 000 ha. Prema FAOSTAT-u očekivali su se prinosi kukuruza u 2020. godini koji su iznosili 2,33 milijuna tona, što je rekordno u deset godina, međutim prinos je bio nešto niži nego u najboljim godinama. Kukuruz je bio zasijan na 258.000 ha zemljišta, a prosječan prinos iznosio je 9t/ha, što je bio slučaj i 2019. g. proizvodnja 2020. g. bila je najviša od 2008. godine kada je postavljen rekord od 2.5 mil tona (FAOSTAT, 2020.). U razdoblju od 1950. do 1989. proizvodnja kukuruza je bila na 498 000 ha i prinos 1,70 t/ha. Ovdje se dakako radi o prosječnim vrijednostima kroz vremenski raspon, pa su tako s godinama povećane površine i prinos. U razdoblju od 1980. do 1989. godine, površine pod kukuruzom bile su 506 575 ha, a prinos 4,68 t/ha. Prosječan prinos kukuruza u Hrvatskoj u razdoblju od 2009. do 2014. godine porastao je s početnih 7,4 t/ha na 8,1 t/ha (Kovačević i Rastija, 2014.). 2011. godine u svijetu je kukuruz uzgajan na blizu 172 milijuna hektara, od kojih je u Europi bilo oko 14 mil. ha ili 8,5 % svjetske površine pod kukuruzom. Najveći proizvođači kukuruza u svijetu su: SAD, Kina, Brazil i Meksiko, a najveći europski proizvođači su Francuska, Italija, Rumunjska i Mađarska (Kovačević i Rastija, 2014.). Prema UN-ovoj organizaciji za prehranu i poljoprivredu, u 166 zemalja koji su glavni proizvođači kukuruza, Hrvatska se nalazi na 48. Mjestu, dok je u EU ona deveti najveći proizvođač kukuruza.

Kukuruz je jednogodišnja, jednodomna, stranooplodna biljka iz porodice *Poaceae* podrijetlom iz srednje Amerike. Početkom 16. stoljeća kukuruz se uzgajao u botaničkim vrtovima bogatih obitelji, a na područje današnje Hrvatske dospio je 1572. godine pomorskim putem iz Italije u Dalmaciju. Različita duljina vegetacije, raznolikost upotrebe, prerade i sposobnosti da uspijeva na težim tlima te u lošijim klimatskim uvjetima, čini uzgojno područje kukuruza velikim, a proteže se od ekvatora do 58°N te do 38°S i 42°S. Ekološka granica uzgoja je lipanjska izoterma +17°C i srednja ljetna temperatura +19 °C te noćne +12,8 °C (Kovačević i Rastija, 2014.).

Kukuruz ima najveći genetički potencijal rodosti među žitaricama, te je najistraženija biljna vrsta u genetici i selekciji, a uvelike se koristi u ishrani stoke i ljudi. Danas, uz pravilan izbor hibrida i odgovarajuće agrotehnike se može znatno povećati proizvodnja u Hrvatskoj i šire. Gospodarsko značenje kukuruza je vrlo veliko. Osnovni gospodarski

značaj kukuruza proizlazi iz svojstva same biljke, raznovrsnosti upotrebe i obujma proizvodnje. Gotovo svi dijelovi biljke kukuruza, osim korijena, mogu poslužiti za preradu, pa upravo to daje kukuruzu poseban ekonomski značaj. Danas se proizvodi više od 500 različitih industrijskih prerađevina od kukuruza (prehrambeni i farmaceutski proizvodi, kozmetička sredstva, napitci, tekstilni i kemijski proizvodi). Zrno kao osnovna sirovina ima veliku važnost jer sadrži 70 do 75 % ugljikohidrata, 10 % bjelančevina, 5 % ulja, 15 % mineralnih tvari te 2,5 % celuloze. U ljudskoj prehrani se najviše cijeni kukuruz „šećerac i kokičar“, te kukuruz za pripremu kruha, kokica, palente, brašna i sl.

Jedna od bitnih namjena kukuruza je i proizvodnja etanola koja je zadnjih desetljeća dosta razvijena. Etanol se koristi kao biogorivo, što je zamjena za fosilna goriva. Za proizvodnju etanola koriste se već postojeći hibridi, dok se oplemenjivanjem pokušavaju stvoriti hibridi visokog potencijala rodnosti (Pospišil, 2010.).

## **1.1. Morfološka i biološka svojstva kukuruza**

### *1.1.1. Korijen kukuruza*

Korijen kukuruza je žiličast kao i kod ostalih trava, te obuhvaća veliki volumen tla pa se na 1 m<sup>2</sup> nalazi do 700 korijenovih dlačica. Najveća masa korijena se nalazi u oraničnom sloju do 30 cm dubine, a dubina prodiranja korijena je do 3m (Kovačević i Rastija, 2014.). Zovkić (1981.) navodi kako najveći dio korijenovog sustava kukuruza seže u dubinu preko 60 cm, a u širinu do 105 cm. Korijenov sustav kukuruza se sastoji od primarnog i sekundarnog korijena. Primarni korijen kukuruza se sastoji od: glavnog klicinog korijena, bočnog (hipokotilni) i mezokotilnog korijena. Glavni korijen kukuruza tijekom klijanja zrna raste okomito u dubinu, za 2 do 3 dana razvije se 3 do 7 bočnih korjenova koje ima bitnu ulogu opskrbe mlade biljke hranivima i vodom tijekom dva do tri tjedna poslije nicanja, dok biljka ne razvije 8 do 10 listova. Mezokotilno korijenje se razvija kada je veća dubina sjetve i nema značajnu ulogu u hranidbi same biljke. Sekundarni korijen raste iz podzemnih i nekoliko nadzemnih nodija stabljike, razlikuje dakle podzemno nodijalno i nadzemno ili zračno nodijalno korijenje (slika 1.).



Slika 1. Adventivno zračno korijenje

Fotografija: Andrišić K., 2020.

Rast korijena je najintenzivniji u ranim fazama razvoja i nekoliko puta nadmašuje rast nadzemnog dijela biljke. Zračno korijenje se formira iz prva 2 do 3 nodija iznad površine tla i uloga mu je da stabilizira i učvrsti visoku stabljiku što je važno jer je stabljika kukuruza izrazito visoka, pa se u slučaju jakog vjetrova i obilnih kiša može spriječiti njeno polijeganje. Veliki utjecaj na razvoj korijenova sustava ima plodnost tla, obrada tla, aeriranost, klimatski uvjeti i sl. Korijen kukuruza bolje se razvija u rahlijem tlu jer se u zbijenom tlu teže iskorištavaju mineralna i organska gnojiva.

#### *1.1.2. Stabljika kukuruza*

Stabljika kukuruza je glatka, ravna te ispunjena parenhimom. Visina stabljike varira od 0,5 m na krajnjem sjeveru pa od 5 do 7 m kod tropskih kasnozrelih hibrida. Visina hibrida koji se kod nas uzgajaju varira od 1,5 m kod najranijih hibrida do 3,5 m kod najkasnijih hibrida (Kovačević i Rastija, 2014.). Pospišil (2010.) navodi kako visina stabljike kukuruza varira od 6 m (inbred linije) do 7,5 m u tropskim uvjetima.

Stabljika je cilindričnog oblika (slika 2.), debljine od 2 cm (gornji dio) do 7 cm (bazni dio), a broj nodija i internodija ovisi o dužini vegetacije. Kovačević i Rastija (2014.) navode kako rani hibridi imaju 8 do 10, a kasni 18 do 22 internodija.





Slika 2. Stabljika kukuruza

Fotografija: Andrišić K., 2020.

Porast stabljike kukuruza je neravnomjeran. Pred metličanje je najintenzivniji, kada može narasti i do 15 cm dnevno. Podzemni internodiji su vrlo kratki i sužavaju se prema dolje te čine podzemni dio stabljike iz čijih nodija izrasta sekundarno korijenje. Internodiji stabljike su obuhvaćeni rukavcima listova u čijim pazušcima nastaje zametak pupova bočnih izdanaka. Iz tih se pupova mogu razviti sekundarni izdanci odnosno zaperci. To je karakteristika nekih podvrsta, uglavnom ranozrelih, ali ovu pojavu mogu izazvati i vanjski uvjeti kao uvjeti tla, gustoća i način sjetve, rjeđi sklop, rok sjetve, dužina dana, bogatija ishrana dušikom i sl. Iz preostalih pazušnih pupova stvaraju se začeci klipova, obično se 1 ili ponekad 2 potpuno razviju, a nalaze se na sredini stabljike. U proizvodnji kukuruza se nastoji izbjeći veći broj klipova jer se dogodi da klipovi ostaju kraći, kržljavi, a time dolazi i do manjeg broja zrna kao i do pojave sitnijeg zrna, rezultat čega je niži prinos.

### *1.1.3. List kukuruza*

List kukuruza se sastoji od lisnog rukavca i lisne plojke (slika 3.). Na prijelazu plojke u rukavac nalazi se jezičac, on sprječava ulazak vode i drugih tvari koje nisu poželjne u dio između stabljike i lista. Broj listova uvjetovan je brojem nodija, a kreće se od 8 do 40 sve ovisno o dužini vegetacije. Lisna površina kukuruza je dosta velika pa tako može biti od 0,3 pa sve do 1,2 m<sup>2</sup>/biljci. Pored klicinih listića i listova stabljike, biljka kukuruza također

ima listove koji obavijaju klip čineći komušinu. Listovi komušine štite klip od vanjskih nepovoljnih utjecaja kao što su mraz, mehaničke ozlijede, štetočine i bolesti.



Slika 3. Listovi kukuruza

Fotografija: Andrišić K., 2020.

Nodiji na dršci klipa su jako zbijeni, listovi komušine stoga čvrsto pokrivaju jedan drugoga, a samo se na vanjskim listovima stvara klorofil, unutra su listovi nježni i uz sam klip poluprozirni. Komušina svojom čvrstoćom ima veliku ulogu kod brzine gubitka vode iz zrna pri zriobi. Klicini listovi imaju svoje začetke još u klici, a potpuno se razvijaju u prvih 10 do 15 dana nakon nicanja. Imaju veliki značaj i ako se oštete može doći do zastoja u rastu i kašnjenja svih faza rasta. Nakon formiranja pravih listova, klicini listovi gube značenje i suše se. Pravi su listovi spiralno raspoređeni na stabljici. Rukavac je čvrst i debeo, a plojka linearna i relativno široka 5 do 15 cm, dužine 50 do 100 cm, na rubu valovite forme, lice pokriveno dlačicama. U poprečnom presjeku list ima oblik slova „V“, a kvalitetno iskorištenje oborina omogućuje žljebasti uspravni položaj listova. Broj listova na stabljici je svojstvo hibrida. Rani hibridi koji se kod nas uzgajaju imaju 8 do 10 listova, a najkasniji hibridi od 18 do 22 listova, i taj broj je vrlo stabilno svojstvo pa se malo mijenja u različitim godinama kod istog hibrida.

Što se tiče veličine listova, najveći listovi na biljci su srednji listovi u blizini klipa, a veličina im se smanjuje prema bazi i vrhu stabljike. Svojstvo listova uglavnom je uvjetovano genotipom, ali utjecaj ima i okolina (npr. najveći listovi se razvijaju pri temperaturi zraka od 20 °C).

#### 1.1.4. Cvat kukuruza

Kukuruz je jednodomna biljka čiji su muški i ženski cvjetovi razdvojeni u posebne cvati na istoj biljci. Muški cvjetovi su skupljeni u cvat metlicu koja se nalazi na vrhu stabljike, dok ženski cvjetovi tvore cvat klip koji se nalazi u pazušcu jednog od srednjih listova. Kukuruz je izrazito stranooplodna biljka zbog razdvojenosti reproduktivnih organa i različitog vremena sazrijevanja muških i ženskih cvjetova na istoj biljci. Metlica (slika 4.) se sastoji od glavne osi i bočnih grana na kojima se nalaze muški klasići u parovima. Parovi klasića su na glavnoj grani poredani oko cijele osi u nekoliko redova, a na bočnim granama u dva reda na gornjoj strani.



Slika 4. Metlica kukuruza

Fotografija: Andrišić K., 2020.

Klasići obuhvaćaju dvije pljeve i dva cvijeta, gdje je svaki cvijet obuhvaćen s dvije pljevice. Također, u dnu cvijeta nalaze se dvije pljevičice i njihova uloga je da u vrijeme cvatnje upijaju vodu, bubre i otvaraju cvijet. U cvijetu se nalaze tri prašnika, a tučak je zakržljao (Gagro, 1997.). Tučak se sastoji od plodnice, dugog vrata i njuške. Svila (slika 5.) čine dugačke svilenkaste niti prekrivene dlačicama. Dlačice izlučuju ljepljivu tekućinu koja omogućava bolje prijanjanju polenovih zrnaca. Polen koji padne, izvrši oplodnju, a nakon toga potamni i suši se.



Slika 5. Svila s polenovim zrcima

Fotografija: Andrišić K., 2020.

Metlica započinje prašiti polen prije svilanja klipa, odnosno oko 3 do 5 dana nakon metličanja, a prašenje prosječno traje 6 do 10 dana. Većina klipova je oplodeno već prvih dana nakon izbijanja svile, a cijeli klip tek nakon 3 dana. Klip (slika 6.) se formira u pazušcu listova glavne stabljike, a sastoji se od drške klipa na kojem su koljenca i kratka međukoljenca.



Slika 6. Cvat – klip kukuruza

Fotografija: Andrišić K., 2020.

Broj redova zrna na klipu je u rasponu od 8 do 26 i uvijek je paran, a paran broj je povezan s razvojem klasića i cvjetova (klasići sa ženskim cvjetovima). Klip je s vanjske strane pokriven komušinom. Cvatnja počinje od baze prema vrhu, a broj cvjetova može biti od 500 do 600, kod nekih hibrida kasnije vegetacije čak i preko 1 000 (Pospišil, 2010.).

Pri razvoju više klipova, gornji je uvijek razvijeniji i krupniji. Postoji i nešto što se zove anomalija u građi klipa, pojava dvospolne ženske cvati koja je mnogo rjeđa nekog kod muških cvati, a javlja se iz istog razloga – kada u petoj fazi ne dođe do propadanja prašnika. Pojava muških klasića na vrhu klipa drugi je oblik dvospolnosti koji se manifestira kao produžetak oklaska s muškim klasićima (Kovačević i Rastija, 2014.).

#### *1.1.5. Plod kukuruza*

Zrno kukuruza je jednosjemeni plod (caryopsis) koji se formira nakon oplodnje. Sastoji se od tri osnovna dijela kao i kod ostalih žitarica: omotača (pericarp), endosperma i klice. Omotač čini 5 do 8 % mase zrna i sastoji se od perikarpa kojeg čine 10 do 12 slojeva stanica debljine 30 do 200  $\mu$  i perisperma (Rastija i Kovačević, 2014.).

Zrno je različitih oblika, a najčešće bude okruglasto, klinasto ili ovalno. U stanicama perikarpa su pigmenti koji daju zrnu njegovu odgovarajuću boju, različite nijanse žute, smeđe, crvene, narančaste, ljubičaste i dr. Između sjemene ljuske i endosperma se nalazi tanak aleuronski sloj čija je boja različita, a sadrži vitamine, bjelančevine i ulja. Endosperm zauzima najveći dio zrna, a nalazi se ispod perikarpa i sjemenog omotača, a čini ga oko 80 % zrna, oko 70 % ljuska i oko 7 do 10 % klica (Gagro, 1997.).

Klica (slika 7.) se sastoji od primarnog korijena koji je omotan korijenovim omotačem i od primarne stabljike (Pospišil, 2010.). Prilično je velika i čini 8 do 14 % mase zrna, a smještena je u donjem dijelu zrna s prednje strane. Kod zrna kukuruza razlikuju se prednja (trbušna), stražnja (leđna) i bočne strane te kruna (vrh) i baza zrna (Kovačević i Rastija, 2014.). Prvi list je smješten na nodiju primarne stabljike koji se nalazi između klice i endosperma, a njegova zadaća je propuštanje hrane prema klici. Drugi list služi kao omotač za primarnu stabljiku, a ona u nicanju puca i zatim izbija prvi listić.



Slika 7. Klica izbija iz sjemena

Fotografija: Andrišić K., 2020.

Kemijski sastav (tablica 1.) zrna kukuruza ovisi o genetici hibrida, agroekološkim uvjetima (vremenske prilike i tlo), te o proizvodnoj praksi, prvenstveno gnojidbi, vremenu i načinu berbe te skladištenju. Na bazi suhe tvari zrno sadrži 58 do 71 % škroba i 8 do 11 % bjelančevina. Najveći dio ulja nalazi se u klici, a sadržaj je u rasponu od 3 do 5 %. Sadržaj šećera je u rasponu od 1,5 do 2 %, mineralnih tvari 1 do 1,5 %, sirovih vlakana 2 do 2,5 %. Bjelančevine su manje kvalitetne zbog toga što ne sadrže dovoljno esencijalnih kiselina (Pospišil, 2010.).

Tablica 1. Kemijski sastav dijelova zrna kukuruza na bazi suhe tvari

|                    | ŠKROB | BJELANČEVINE | ULJE  | ŠEĆER | PEPEO |
|--------------------|-------|--------------|-------|-------|-------|
| <b>CIJELO ZRNO</b> | 72    | 10,3         | 4,8   | 2,0   | 1,4   |
| <b>ENDOSPERM</b>   | 86,5  | 9,4          | 0,8   | 0,6   | 0,3   |
| <b>KLICA</b>       | 8,2   | 18,8         | 28-48 | 10,8  | 10,1  |
| <b>OMOTAČ</b>      | 7,3   | 3,7          | 1,0   | 0,3   | 0,8   |

Izvor: Osječko-baranjska županija (OBŽ, 2014.)

## **1.2. Agroekološki uvjeti za uzgoj kukuruza**

### *1.2.1. Zahtjevi kukuruza prema toplini*

Kukuruz je termofilna biljka i za svoj rast i razvoj ima velike zahtjeve za toplinom. Stoga su najprikladnija područja za uzgoj kukuruza ona s prosječnim ljetnim dnevnim temperaturama od oko 21 do 27 °C, te bezmraznim razdobljem od najmanje 120 dana. Unapređenjem i selekcijom hibrida se s godinama omogućio uzgoj kukuruza i u relativno hladnijim područjima.

Minimalna temperatura za klijanje kukuruza je oko 10 °C (8 do 12 °C), optimalna 32 do 35, a maksimalna 40 do 45 °C. Niske temperature uvjetuju sporo klijanje i infekcije sjemena odnosno klice patogenim organizmima. Početak sjetve kukuruza je kada se temperatura tla na dubini sjetve stabilizira na 10 do 12 °C. Optimalne temperature za rast kukuruza su između 24 i 30 °C, ovisno o pristupačnosti vode i fazi razvoja biljke. Rast kukuruza prestaje pri temperaturi nižoj od 10 °C, a temperature iznad 32 ili 33 °C poslije cvatnje su nepovoljne kao i visoke noćne temperature koje povećavaju disanje (Kovačević i Rastija, 2014.). Za područje istočne Hrvatske optimalne temperature za rast i razvoj kukuruza su u rasponu od 23 °C do 25 °C, a relativna vlaga zraka od 60 % (Radić, 1973.).

Poznato je kako kukuruz slabo podnosi niske temperature, a na negativnim temperaturama zraka, ispod 0 °C dolazi do propadanja biljke. Otpornost na niske temperature zraka se može povećati dodavanjem hraniva kao što su fosfor (P) i kalij (K) ili selekcijom, odnosno stvaranjem hibrida s kraćom duljinom vegetacije. Suma temperatura potrebna za kukuruz je u rasponu od 2 000 do 3 500 °C, što ovisi o duljini vegetacije hibrida.

### *1.2.2. Zahtjevi kukuruza prema svjetlosti*

Kukuruz je C-4 tipa biljke i ima velike potrebe prema svjetlosti. Također je biljka kratkog dana, a pri dugom danu dolazi do usporenog rasta i razvoja odnosno produžuje se vegetacija. Stoga je biljkama potrebno omogućiti što bolje iskorištenje svjetlosti stvaranjem hibrida s uspravnim položajem listova, te izbjegavanjem pregustog sklopa kako ne bi došlo do zasjenjivanja srednjih i donjih listova. Zasjenjivanjem se intenzitet svjetlosti smanjuje za 30 do 40 % i dolazi do produženja vegetacije za 5 do 6 dana.

### *1.2.3. Zahtjevi kukuruza prema vodi*

Kukuruz se može uzgajati u područjima gdje godišnja količina oborina doseže od 250 do 500 mm. Potrebe kukuruza za vodom ovise o agroekološkim čimbenicima, klimi, tlu, agrotehničkim mjerama i dr. Kukuruz je biljka koja ekonomično troši vodu, ali su potrebe za vodom velike. Biljka kukuruza prosječno treba 400 do 600 mm vode. Kukuruz ima nizak transpiracijski koeficijent, od 250 do 300 (Kovačević i Rastija, 2014.).

Kukuruz se može uzgajati i na područjima s manjim godišnjim količinama oborina, međutim takvi prinosi su vrlo niski. Biljka se prilagodi sušnim uvjetima jer korijen kukuruza može crpiti vodu iz dubljih slojeva tla, a listovi se za vrijeme suše uvijaju i time smanjuju gubitak vode preko lista. Temperatura zraka je važan čimbenik jer se isparavanjem vode gubi višak topline i temperatura biljke je stabilna.

Kritično razdoblje potrebe kukuruza za vodom počinje 10 do 15 dana prije metličanja i završava 15 do 20 dana nakon metličanja. U spomenutom razdoblju kukuruz treba najmanje 100 mm vode, a nakon toga potrebe kukuruza za vodom naglo padaju. Osim pred metličanje i svilanje, najveće potrebe kukuruza za vodom su u početku nalijevanja zrna. U tom razdoblju postoji opasnost od suše te ako je moguće, potrebno je navodnjavati.

Kako nedostatak vode ima svoj utjecaj tako i višak vode može negativno utjecati na rast i razvoj kukuruza, osobito ako ono dolazi u kombinaciji s niskim temperaturama zraka. Najveću prijetnju predstavlja suvišak vode i zadržavanje vode u površinskim slojevima još dok je kukuruz u fazi klijanja i nicanja, pri čemu dolazi do gušenja i propadanja klijanaca.

### *1.2.4. Zahtjevi kukuruza prema tlu*

Kukuruzu najviše pogoduju duboka, propusna, prozračna, rastresita, plodna tla povoljne strukture, povoljnog toplinskog, vodnog i zračnog režima, slabo kisele do neutralne reakcije, nama poznata kao černoze i aluvijalna tla. Kukuruz dobro uspijeva na tlima različitih fizikalnih svojstava. Ako je kukuruz uzgajan u sušnim predjelima tada bi tla trebala imati visok kapacitet za vodu kako bi se smanjio rizik od visokih temperatura zraka. U hladnijim i vlažnijim predjelima kukuruz bi trebalo uzgajati na laganim i dobro dreniranim tlima koja se brzo zagrijavaju. Loša tla za uzgoj kukuruza su zbijena tla, zatim tla lakše teksture, slabo propusna i tla povećane kiselosti te slana tla. Kisela tla su



nepovoljna prvenstveno zbog toksičnosti Al, Fe, Mn te nedostatka P. Međutim, važno je naglasiti kako se pravilnom gnojdbom, obradom i agrotehnikom mogu postići visoki prinosi i na tlima umanjene kvalitete.

### **1.3. Agrotehnika proizvodnje kukuruza**

#### *1.3.1. Plodored*

Kukuruz je poznat po dobrim rezultatima uzgoja u monokulturi, ali je dakako preporuka uzgoj u plodoredu jer monokultura dovodi do degradiranja plodnosti tla, povećava se pojava štetočina i bolesti, iscrpljuju se zalihe hraniva i ima štetan utjecaj na druge kulture koje zahtijevaju plodored. Ozbiljan problem predstavlja i napad kukuruzne zlatice te širenje trajnih korova.

Kukuruz je uglavnom dobar predusjev većini drugih kultura, ali može biti i loš ako se kasno bere, čime se otežava predstetvena priprema tla za ozimine i odgađaju optimalni rokovi sjetve. Problem je i kukuruzovina koja se zaorava uz dodavanje uree kako bi se ubrzao proces razgradnje preostale biljne mase (Kovačević i Rastija, 2014.).

Najbolji predusjevi kukuruzu su jednogodišnje i višegodišnje leguminoze kao što su grah, grašak, soja, zatim strne žitarice, uljana repica, krumpir, šećerna repa i suncokret. Leguminoze osim što su rane kulture obogaćuju tlo dušikom. Jedini nedostatak pšenice i ostalih žitarica kao predusjevi kukuruzu jesu zajednički korovi. Jedan od najboljih predusjeva kukuruzu je uljana repica jer guši korove i ostavlja čisto polje, a nakon žetve ostavlja veliku masu stabljike koja je bogata biljnim hranivima, poboljšava plodnost tla i dobro ga rahli.

Višegodišnje mahunarke su dobri predusjevi kukuruzu, ali treba obratiti pažnju na zemljišne štetnike. Zbog velike potršnje vode lucerna može jako isušiti tlo u dubokom profilu što se odražava na otežano izvođenje obrade tla i nedostatak vode tijekom vegetacije kukuruza (Pospišil, 2010.).

Postoji više sustava uzgoja kukuruza kao što su dvopoljni plodored, tropoljni i višepoljni plodored, zatim kukuruz kao naknadni ili postrni usjev u plodoredu, ponovljeni uzgoj kukuruza na istoj parceli, monokultura kukuruza te uzgoj kukuruza u konsocijacijama ili združenoj sjetvi s ostalim kulturama (Kovačević i Rastija, 2014.).

### 1.3.2. Obrada tla

Obrada tla je važna agrotehnička mjera kojom se poboljšavaju fizikalna svojstva tla. Osnovna obrada tla se obavlja u ljetno-jesenskom razdoblju, a zadatak joj je pripremiti tlo za sjetvu, klijanje, nicanje, optimalan razvoj korijenovog sustava te nadzemnog dijela biljke, razbijanjem nepropusnog sloja, rahljenjem i miješanjem tla. Naravno, vrijeme i način obrade tla ovise o tipu tla, vremenskim uvjetima i predkulturi. Kod osnovne obrade je važno obratiti pažnju na dubinu i vrijeme obrade. U uvjetima povoljne vlažnosti tla i vremenskih uvjeta, dovoljno je oranje do 30 cm dubine jer se najveća masa korijena kukuruza nalazi u sloju do 30 cm (Kovačević i Rastija, 2014.).

Predsjetvena priprema tla podrazumijeva pripremu tla stvaranjem povoljnog sjetvenog sloja koji bi trebao osigurati zrnju tvrdu posteljicu kako bi doticaj s vlagom bio povoljan. Najčešće se za to koriste tzv. sjetvospremači koji obrađuju tlo dubine 8 do 10 cm ili drljače pri jesensko-zimskom oranju.

Za kukuruz vrijedi pravilo da sjemenu treba „tvrda postelja i meki pokrivač“. Najčešća pogreška je predubok sjetveni sloj (sjeme bez tvrde podloge) pri kojemu kukuruz može ostati u suhom tlu bez kontakta s vlagom iz dubljeg sloja (Kovačević i Rastija, 2014.).

Kod uzgoja kukuruza važna je i međuredna obrada ta (slika 8.) koja je posebice korisna na težim i slabo aeriranim tlima. Obično se primjenjuju dvije kultivacije, prva u fazi 3 do 4 lista, a druga 7 do 8 listova.



Slika 8. Međuredna kultivacija

Fotografija: Andrišić K., 2020.

### *1.3.3. Gnojidba kukuruza*

Za potrebe gnojidbe prvobitno je potrebno utvrditi planirani prinos, plodnost tla, predkulturu, žetvene ostatke, herbicide, cilj proizvodnje, svojstva tla kao što su pH, humusa, sadržaj hraniva i sl. Gnojidbu je dakako najbolje obavljati prema preporukama stručnjaka, odnosno na temelju analize tla. Prosječna gnojidba na tlima osrednje plodnosti kod nas se kreće u rasponu od 150 do 200 kg N/ha, 100 do 120 kg P/ha i 120 do 180 kg K/ha (Kovačević i Rastija, 2014.).

P i K se najvećim dijelom zaoravaju u osnovnoj obradi tla tijekom jeseni ili zime. Jedna trećina N gnojiva i dio P i K gnojiva unosi u tlo prije sjetve (startna gnojidba), ta hraniva biljka koristi za brži porast. Ostatak N se dodaje kasnije u prihrani prilikom međuredne kultivacije, najčešće se u obliku KAN-a i UREA-e, ali i kompleksna gnojiva u kojima je naglašena dušična komponenta. Međutim, ako se zaoravaju žetveni ostaci potrebna je gnojidba sa 100 do 150 kg uree/ha, čime se osigurava N potreban za mikroorganizame. Folijarna gnojidba je korisna, ali kukuruz podnosi samo male koncentracije i posebno pripremljena gnojiva pa se iz tog razloga uglavnom ne koristi ili se koristi samo za proizvodnju sjemenskog kukuruza.

### *1.3.4. Sjetva*

Sjetva je jednako važan agrotehnički zahvat jer se odabirom pravog sjemena, dobre klijavosti i energije klijanja, pravilno određenim međurednim razmakom i gustoćom sjetve utječe na klijanje, nicanje, rast i dozrijevanje odnosno formiranje prinosa. Sjetva kukuruza se najčešće obavlja pneumatskim sijačicama (slika 9.) na razmak između redova 70 cm (optimalno korištenje vegetacijskog prostora), a u nešto manjoj mjeri mehaničkim sijačicama. Dubina sjetve kukuruza je 4 do 8 cm, ovisno o tipu i stanju vlažnosti tla. Deklaracija, regulirana i propisana zakonima određuje normu sjetve i kvalitetu sjemena. Sjeme je najčešće pakirano u vrećice s 25 000 i 40 000 sjemenki.



Slika 9. Sjetva pneumatskom sijačicom

Fotografija: Andrišić K., 2020.

Sjetva kukuruza je kada se temperatura tla na dubini sjetve stabilizira na 10 do 12 °C, a kalendarski gledano je to u različito vrijeme, ovisno o klimi, odnosno vremenskim uvjetima određenog područja. U Hrvatskoj je to u drugoj polovici travnja. Na području istočne Hrvatske je vrijeme sjetve najčešće od 10. do 25. travnja, a u sjeverozapadnoj Hrvatskoj od 15. do 30. travnja. Sjetvu kukuruza trebalo bi završiti do 1. svibnja, a najkasnije do 5. svibnja (Kovačević i Rastija, 2014.).

Kašnjenje sjetve rezultirat će skraćenom vegetacijom, težim ili nepotpunim dozrijevanjem, a zrno će imati veći sadržaj vode. U takvim uvjetima opasnost predstavlja jesenski mraz, ako se pojavi prije završetka nalijevanja zrna te dolazi do prisilne zriobe i značajno nižeg prinosa. Isto tako, nezreli kukuruz sadrži puno vode pa je loš za berbu. Zrno se lomi i drobi, smežurano je i izlomljeno nakon sušenja.

#### *1.3.5. Zaštita usjeva*

Govoreći o mjerama koje imaju za cilj smanjiti populaciju korova, tu se u prvome misli na izravne mjere: agrotehničke, biološke i kemijske mjere sveobuhvatno od sjetve do berbe. Usjevu se tako omogućava nesmetan i siguran razvoj tijekom cijele vegetacije.

U agrotehničke mjere pripadaju obrada tla - duboko oranje, zaoravanje strništa, predsjetvena priprema tla, gnojidba (za usjeve gustog sklopa gnojidba pomaže suzbijanju korova, dok je za one rijetkog sklopa gnojidba pogodna i za korove i za uzgajanu biljku), sjetva (vrijeme i gustoća sjetve, dubina sjetve – pri dubljoj sjetvi kasnije je nicanje usjeva, što više odgovara korovima), njega usjeva i plodored (Kovačević i Rastija, 2014.).

Suzbijanje korova u usjevu uvelike doprinosi i međuredna kultivacija, koja kao mjera njega ujedno aerira površinski sloj tla razbijanjem pokorice, pri čemu se smanjuje i gubitak vode iz tla.

U pojedinim godinama kada izostane učinak primjene herbicida obavlja se i ručno okopavanje kukuruza. Biološkim mjerama se smatra uništavanje korova te uzročnika bolesti (mikrobiološki preparati) i štetnika dok se kemijske mjere odnose na primjenu herbicida. Neizravne mjere suzbijanja korova su sjetva čistog sjemena, ispravna njega, ispravan postupak s otpacima u poljoprivredi, ispravna upotreba stajskog gnoja i komposta te održavanje čistoće strojeva i objekata. Korovna flora kod kukuruza se dijeli na jednogodišnje širokolisne i travne korove, dok su višegodišnje korovne vrste nešto manje zastupljene, ali je njihovo suzbijanje također od velikog značaja. Protiv korova se koriste također i mehaničke mjere pomoću tanjurače, drljače, sjetvorspremača i sl. Što se bolesti tiče, najznačajnije su fuzarioze kukuruza, gdje dolazi do smanjenja prinosa i kvalitete zrna. Postoji više tipova: pjegavost lista kukuruza, suha trulež, mjehurasta snijet, trulež korijena, stabljike i klipa te palež klijanaca. Plodored i uzgoj otpornih hibrida te dezinfekcija sjemena obvezne su mjere za njihovim suzbijanjem i suzbijanjem većine bolesti. Od štetočina kukuruza najveće štete prave: kukuruzni moljac (*Ostrinia nubilalis*), kukuruzna zlatica (*Diabrotica virgifera*) i žičnjak, probleme zadaju i sovica pozemljuše, kukuruzna lisna uš i sovica. Za njihovo uništavanje se koriste insekticidi.

#### 1.3.6. Berba kukuruza

Kraj vegetacije označava vrijeme berbe, odnosno žetvu kukuruza. Kukuruz se bere ovisno o namjeni za koju se uzgaja, odnosno može se brati u tehnološkoj ili gospodarskoj zrelosti koja nastupa u različito vrijeme. Glavni cilj većini proizvođača je dobivanje suhog zrna, a žetva zrna se obavlja kombajnima s posebnim hederom za otkidanje klipova.

Najpovoljnija vlažnost zrna za berbu je 25 do 28 %, kada su najmanji gubici i najmanja oštećenja prilikom kombajniranja. Nakon berbe zrno se mora sušiti u sušarama od 13 do 14 % vlage kako bi se moglo čuvati u skladištima i silosima (Kovačević i Rastija, 2014.).

Berba klipa kukuruza obavlja se beračima komušaćima (slika 10.), a postupak se obavlja kada je vlažnost zrna oko 30 %. Kukuruz treba što prije obrati, jer ako se kasni smanjuje se prinos i mogu nastati štete odnosno gubici od ptica, glodavaca, divljači (najviše divlje

svinje) i dr. Važno je da se nakon berbe čuvaju zdravi, zreli i čisti klipovi, a vlaga ne bi trebala biti viša od 26 %.



Slika 10. Berba kukuruza

Fotografija: Andrišić K., 2020.

#### **1.4. Utjecaj suše i potreba za navodnjavanjem kukuruza**

Voda ima značajnu ulogu u životu biljke i za procese u tlu. Biljke zahtijevaju određenu količinu vode za svoje životne procese kroz cijelo razdoblje vegetacije. Potreba za vodom ovisi o fazama rasta, vremenskim uvjetima te stanju vlažnosti tla. Kukuruz je tolerantan na sušu, ekonomično troši vodu, ima dugu vegetaciju, ali i troši ukupno velike količine vode. Kukuruz uspješno prebrodi sušu crpeći teže pristupačne oblike vode iz aktivne rizosfere i vodu iz dubljih slojeva tla, ali u takvim uvjetima daje niže prinose.

Mađar i Šoštarić (2009.) navode kako je utvrđena vrijednost evapotranspiracije (ET<sub>c</sub>) kukuruza kod vrijednosti 60 % poljskog vodnog kapaciteta (PVK), što odgovara konstanti tla lentokapilarne vlažnosti (LKV) i ona je od 450 mm do 530 mm u ovisnosti od vremenskih prilika (Mađar i Šoštarić, 2009.). Potreba kukuruza za vodom raste od sjetve, vrijednosti su najviše tijekom ljetnih mjeseci i zatim opadaju do kraja vegetacije. Kukuruz zahtjeva i troši najviše vode u fazi 7 do 10 dana prije metličanja pa do završetka oplodnje.

Nedostatak vode dovodi do dehidracije tkiva, redukcije diobe stanica i staničnog rasta, te redukcije rasta biljke i prinosa biljke. Ako do vodnog stresa dođe nakon što biljka razvije veliku lisnu površinu, listovi će ubrzano ostarjeti i otpasti, što je rezultat povećane sinteze etilena. Na taj način biljka se brani od suše, jer se gubitkom listova smanjuje

transpiracijska površina, što poboljšava izgled biljke za preživljavanje sušnog perioda (Pevalek – Kozlina, 2003.). Negativne posljedice suše su niži habitus biljke i masa suhe tvari, može doći do usporenog rasta i razvoja konusa rasta, kasnijeg metličanja, svilanja, a javlja se i problem s nalijevanjem zrna.

Kod navodnjavanja prema kritičnim fazama sa širokozahvatnim samohodnim uređajem sa navodnjavanjem treba početi pravovremeno od faze intenzivnog porasta biljaka, obavljati ih do završetka nalijevanja zrna, odnosno od polovine srpnja do kraja kolovoza. Navodnjavanje treba prilagoditi količini i rasporedu oborina, a broj navodnjavanja je obrnuto proporcionalan količini vode dodane u jednom proходу uređaja. Što se tiče sjemenskog kukuruza, prvo navodnjavanje je potrebno obaviti odmah poslije sjetve sa manjim obrokom 20 mm do 30 mm. Treba ga obavezno navodnjavati i u vrijeme čupanja metlica (Madjar i Šoštarić, 2009.)

Ako se navodnjavanje prilagođava prema stanju vlažnosti tla, tehnički minimum za kukuruz je 60 % do 65 % od vrijednosti PVK. Pri velikoj vlažnosti tla kukuruz neracionalno troši vodu i povećava svoju vegetativnu masu te dolazi do štetnog djelovanja na prinos zrna. Optimalnu vlažnost tla treba održavati u zoni aktivne rizosfere koja za kukuruz iznosi oko 60 cm. Ukoliko je duže beskišno i sušno razdoblje, optimalnu vlažnost tla je neophodno održavati u oraničnom sloju, najmanje 20 cm do 40 cm dubine. Broj navodnjavanja ovisi o načinu navodnjavanja i opremi, a norma navodnjavanja je od 250 mm, ovisno o količini i rasporedu oborina. U uvjetima navodnjavanja se postiže stabilni prinos na visokoj razini od 12 t/ha do 15 t/ha, a u široj proizvodnji na većim površinama u uvjetima navodnjavanja se postižu prinosi oko 10 t/ha (Madjar i Šoštarić, 2009.).

### **1.5. Navodnjavanje kukuruza u svijetu i Republici Hrvatskoj**

U osnovi biljne proizvodnje je poljoprivredno zemljište, važno je da je ono dobro uređeno jer to doprinosi dobroj poljoprivredi i životu čovjeka. Tlo i voda su nerazdvojni i čimbenici su biljnog, životinjskog i ljudskog postojanja. Sve mjere i radovi kojima se svjesno i na umjetni način povećava sadržaj vode u tlu s ciljem uzgoja poljoprivrednih kultura nazivamo navodnjavanjem. Voda stoga ima vrlo važnu ulogu u životu biljaka i svih procesa u tlu. Biljkama je voda potrebna tijekom cijele vegetacije kako bi se neprekidno mogle odvijati sve životne funkcije. Sadržaj raspoložive vode u tlu je promjenjiv i biljka ne zahtjeva jednake količine vode kroz cijelu vegetaciju.

Danas je agrotehnička mjera navodnjavanja sve više raširena. Ne vodi se računa o navodnjavanju samo onih područja gdje je izrazita suša (aridna područja), loši klimatski uvjeti ili tlo lošije kakvoće već se pokušava navodnjavati na što širem području i na što većim površinama. Smatra se kako će navodnjavanje u budućnosti dovesti do visokih i kvalitetnih prinosa, a samim time da će donijeti veliku dobit. Važno je pravilno odrediti elemente navodnjavanja jer bi u protivnom moglo doći do nejednake raspodjele vode pri navodnjavanju, zabarivanja, kvarenja strukture tla i vodozračnih odnosa. Nadalje, uslijed nepravilno određenih elemenata navodnjavanja dolazi do neracionalnih gubitaka vode, ispiranja hraniva ili u slučaju nedovoljno vode može doći do snižavanja prinosa uslijed stresa izazvanog sušom. Iz tog razloga, navodnjavanje treba promatrati kao dio kompleksnog sustava kojemu prethodi priprema dokumentacije, projekt, analiziranje, preispitivanje i testiranje brojnih uvjeta pri navodnjavanju određenog tla i kulture te metoda i sustava koji će se koristiti na određenom području. Mjera je to čija se uspješnost temelji na kvalitetnoj odvodnji suvišne vode s poljoprivrednog tla, izgradnji i održavanju hidromelioracijskih objekata (Josipović i sur., 2013.).

Osnovne metode navodnjavanja su:

1. Površinsko navodnjavanje
2. Podzemno navodnjavanje
3. Navodnjavanje kišenjem
4. Lokalizirano navodnjavanje

Odabir metode, odnosno sustava navodnjavanja ovisit će o izvoru i kvaliteti vode za navodnjavanje, uzgajanoj kulturi, reljefu (terenu) te financijskim mogućnostima. Voda za navodnjavanje se koristi iz raznih vodnih tokova, izvora, umjetnih jezera, podzemnih tokova, pročišćenih otpadnih voda i sl. Što se tiče Hrvatske, planirano je do 2020. godine navodnjavati čak 65 000 ha ili oko 6 % obradivih poljoprivrednih površina (Holjević, 2006.), ali taj plan nije uspješno realiziran. Do sada su izgrađeni novi sustavi navodnjavanja na tek oko 14 500 ha. Ne postoje službene statistike o navodnjavanju površinama u Hrvatskoj. Ukupna poljoprivredna površina na kojima je omogućeno navodnjavanje, kada se u obzir uzmu i raniji sustavi koji su postojali, procjenjuje se na 23 000 do 26 000 ha, odnosno između 2,1 do 2,4 % korištenog poljoprivrednog zemljišta (1 077 403 ha). Po navodnjavanju Hrvatska je dakle i dalje na začelju Europske unije (EU) iako ima značajne izvore pitke vode i mogućnosti za navodnjavanje. Zadnji popis



poljoprivrede je bio 2003. godine i prema tom popisu u Hrvatskoj se tada navodnjavalo 9 264 ha (0,86 %) od ukupno korištenih poljoprivrednih površina koje su iste godine bile 1 077 404 ha. Prema statističkim podacima EU komisije prosječni udio navodnjavanih površina na razini EU-27 (bez Njemačke i Estonije) iznosi 6,7 % dok na razini mediteranskih zemalja prosječan udio navodnjavanih površina iznosi čak 12,5 %. Zemlje poput Češke, Poljske i Slovenije imaju manje površine s mogućnošću navodnjavanja u odnosu na Hrvatsku. Prema zadnjim podacima Eurostata 2016. godine na razini EU navodnjava se oko 15,5 milijuna hektara. Primjerice Malta 31,4 % površina, Grčka 23,6 %, Cipar 21 %, Italija 20 % itd. U Europskoj uniji najviše se navodnjava u zemljama južne Europe, pa tako u Italiji oko 23,0 %, Portugalu 21,0 %, Grčkoj 38 %, Španjolska 18 % (Madjar i Šoštarić, 2009.).

Kukuruz je zbog svoje visine i velikog habitusa moguće navodnjavati samo sa širokozahvatnim samohodnim strojevima – navodnjavanje tifonom (slika 11.). Nadalje se kukuruz navodnjavanja kišnim krilima ili u slučaju oplemenjivačkih procesa lokaliziranom metodom, odnosno sustavom kap po kap. Iako trenutno prinos zrna kukuruza u RH većinom ovisi o vremenskim prilikama tijekom vegetacije, u skoroj budućnosti se očekuje napredak inteziviranjem sustava navodnjavanja, odnosno povećanjem površina koje se navodnjavaju jer Hrvatska ima veliki potencijal i izvore, potrebno je samo više ulaganja u poljoprivredu i poticanje od drugih članica EU.



Slika 11. Tifon sustav za navodnjavanje

Izvor: <https://www.agrointer.rs>

Cilj istraživanja je bio proučiti utjecaj navodnjavanja te hibrida kukuruza na prinos i komponente prinosa hibrida kukuruza: visinu biljaka do klipa i metlice, masu klipa (MK), promjer klipa (PK), duljinu klipa (DK), broj zrna po klipu (BZ/K), masu zrna po klipu (MZ/K), hektolitarsku masu i vlagu zrna.

## 2. PREGLED LITERATURE

Godinama se provode istraživanja u različitim agroekološkim uvjetima kojima se želi proučiti utjecaj navodnjavanja na prinos zrna kukuruza. Prinos kukuruza u uvjetima navodnjavanja bi u pravilu trebao biti viši, dok se bez navodnjavanja tijekom sušnih razdoblja vegetacije postižu znatno manji prinosi. Prinos zrna je u jasnoj ovisnosti s komponentama prinosa koje također zbog nedostatka vode u tlu mogu biti značajno smanjenje. Voda u smislu kišnice i vode za navodnjavanje povećava biomasa, hektolitarsku masu (pokazatelj izbrašnjanja), prinos zrna, suhe tvari, broj klipova po biljci, mase zrna, mijenja sastav zrna u pogledu sadržaja ulja, škroba, bjelančevina i dr.

Salemi i sur. (2011.) su proučavali učinak deficitnog navodnjavanja na području rijeke Gavkhuni Basin (Iran). Deficitno navodnjavanje je značajno utjecalo na prinos i komponente prinosa kukuruza. Tretmani u istraživanju su bili (i) hibrid kukuruza; 704 (prinos od 9 354 kg/ha), te 647 (8 822 kg/ha) i (ii) navodnjavanje koje je se sastojalo od: 100, 80 i 60 % ETc tijekom tri uzastopne godine. Zabilježen je značajan utjecaj hibrida na prinos zrna, dok utjecaj na masu 1000 zrna, broj zrna po redu, broj zrna po klipu i visinu zrna nije bio statistički opravdan. Na temelju rezultata autori zaključuju da je za deficitno navodnjavanje kukuruza 80 % od ETc najpovoljniji trenutak početka navodnjavanja. U uvjetima većih suša, za veću produktivnost i uštedu vode preporučuje se navodnjavanje kod 60 % ETc.

Kara i Biber (2008.) su proveli poljski pokus tijekom vegetacije kukuruza 2005. godine na pokušalištu agronomskog fakulteta Ondokuz Mayis Samsun (Turska, 180 m.n.m., 41°21' N i 36°15'E). Kukuruz je navodnjavao podpovršinskom metodom (90 cm je bila dubina postavljanja cijevi za navodnjavanje), a tretmani navodnjavanja bili su: nenavodnjavano (A), navodnjavano na 50 % PVK (B), 30 % PVK (C) i 15 % PVK (D). Prosječna potreba biljaka za vodom je bila u rasponu od 257,14 do 285,71 mm. Tretmani navodnjavanja su značajno utjecali na prinos kukuruza. Prosječan prinos zrna varirao je od 7,98 do 29,16 t/ha pri čemu je najviši prinos zrna ostvaren na D tretmanu navodnjavanja. Prinos na B tretmanu je bio 21,59 t/ha, C 19,15 t/ha i A 7,98 t/ha. Autori zaključuju kako je najveći prinos zrna ostvaren na tretmanu navodnjavanja gdje je sadržaj vode u tlu s najvećom vlažnosti.

Sani i sur. (2014.) su proveli istraživanje kako bi proučili utjecaj navodnjavanja na prinos i komponente prinosa kukuruza (*Zea mays* L.) u semiaridnom području sjeverne Nigerije. Istraživanja su provedena na navodnjavanoj površini istraživačkog poljoprivrednog instituta Kadawa (11°39' S i 08°20'E, 500 m.n.m) u trogodišnjem istraživanju (2007. - 2009.). Kukuruz je zasijan na u različite gustoće sjetve (33 333, 44 444, 55 555 i 66 666 biljaka/ha), a kukuruz je navodnjavao pri vlažnosti tla 40, 60 i 80 cbara. Promatran je utjecaj tretmana na prinos i sadržaj proteina u zrnu kukuruza. Poljsko istraživanje je postavljeno prema split-plot metodi. Prema rezultatima istraživanja navodnjavanje kukuruza pri 40 cbara je rezultiralo značajno nižim prinosom. Navodnjavanje kukuruza pri 60 cbar i gustoćom sjetve od 55 555 biljaka/ha je rezultiralo najvišim prinosom i kakvoćom zrna.

Bello (2008.) je istraživao učinak navodnjavanja na prinos i komponente prinosa kukuruza. Istraživanje je provedeno na sveučilišnom kampusu Mekelle u regiji Tigray (Etiopija). Tretmani navodnjavanja su bili: R1 – oborine (mm) i R2 - navodnjavanje (mm). Navodnjavanje je provedeno prema intervalima i to 3 dana nakon sadnje sa 110 mm po tretmanu. Navodnjavanje je značajno utjecalo na sadržaj vode u tlu, broj klipova, masu svježeg zrna (kg) i masu suhog zrna (kg) dok ostale komponente prinosa (visina biljke, broj redova po klipu, broj zrna po klipu i masa 1000 zrna) nisu značajno varirale u odnosu na tretmane navodnjavanja. Prema rezultatima istraživanja, navodnjavanje kao dopunska mjera je ključna za proizvodnju kukuruza.

Zhang i sur. (2019.) su proveli trogodišnje istraživanje kako bi proučili utjecaj deficitnog navodnjavanja na prinos kukuruza (*Zea mays* L.) u različitim fazama dozrijevanja: ranoj vegetativnoj fazi, u fazi intenzivnog porasta i fazi sazrijevanja. Promatrani su slijedeći parametri: faza rasta, suha masa, nadzemna biomasa, prinos zrna i masa 1 000 zrna. Deficitno navodnjavanje tijekom faze intenzivnog porasta (uspoređuje se s punim obrocima navodnjavanja) smanjuje prinos zrna i suhu nadzemnu masu. Tijekom faze sazrijevanja, deficitno navodnjavanje je rezultiralo nižim prinosom zrna. Najniži prinosi su ostvareni tijekom faze sazrijevanja, dok je najmanji negativan utjecaj po prinos zabilježen u ranoj vegetativnoj fazi. Deficitno navodnjavanje svakako može biti jedna od mjera za uštedu vode, ali je treba primjenjivati u skladu s potrebama biljaka za vodom.

Kresović i sur. (2018.) su proveli poljski pokus u Vojvodini (Srbija) kako bi proučili utjecaj različitih obroka navodnjavanja na prinos i kvalitetu zrna kukuruza. Tretmani

navodnjavanja su bili: potpuno navodnjavanje ( $I_{100}$ ), 75 % ( $I_{75}$ ), i 50 % ( $I_{50}$ ) od potrebe biljaka za vodom te tretman bez navodnjavanja ( $I_0$ ) – kišnica. Prema rezultatima istraživanja obrok navodnjavanja značajno utječe na prinos kukuruza, sadržaj bjelančevina, škroba, ulja te minerala. Prinos zrna kukuruza se smanjuje s porastom deficita vode u sve tri godine istraživanja. U prosjeku, navodnjavanje na  $I_{100}$  tretmanu je rezultiralo najvećim sadržajem ulja. Sadržaj škroba u zrnu kukuruza je rastao, a sadržaj ulja se smanjivao u sušnim uvjetima (manji obroci navodnjavanja). Navodnjavanje većim obrocima znatno je povećalo koncentracije: K, Mg, Fe, Mg i Zn, te smanjilo sadržaj Ca u usporedbi s kontrolnim tretmanom (bez navodnjavanja). Deficitno navodnjavanje na tretmanu od 75 % ( $I_{75}$ ) povećalo je sadržaj pojedinih elemenata, a prinos zrna je bio značajno niži. Najveći prinos zrna i sadržaj ulja su ostvareni na tretmanu navodnjavanja s najvećim obrokom navodnjavanja. Autori zaključuju kako se zadovoljavajući rezultati u pogledu sastava zrna mogu ostvariti na  $I_{75}$  tretmanu navodnjavanja, odnosno 75 % potrebne vode.

Farhad i sur. (2009.) su proveli istraživanje 2009. godine u stakleniku na Agronomskom istraživačkom poljoprivrednom gospodarstvu sveučilišta Faisalabad. Istraživan je utjecaj dostupnog dušika (kompostirani i nekompostirani pileći gnoj) u različitim tretmanima navodnjavanja (100 % i 75 % PVK) u pet ponavljanja. U istraživanju su korišteni hibridi kukuruza koji su tolerantni na sušu (Monsanto 919) i hibridi koji su osjetljivi na sušu (FH-810). Hibrid Monsanto u kompostiranom pilećem gnoju gdje je bio je veći sadržaj N, imao je najveći broj listova po biljci (17), visinu biljke (147,60 cm), indeks lisne površine (4,99) i intenzitet transpiracije ( $8,50 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ). Kod hibrida FH-810 zabilježen je maksimalni intenzitet fotosinteze ( $21,82 \text{ } \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) u kompostiranom pilećem gnoju na tretmanu navodnjavanja 100 % PVK. Veća količina dostupnog dušika je bila na tretmanu s kompostiranim pilećem gnojem i oba tretmana navodnjavanja.

Zhao i sur. (2019.) su proveli dvogodišnji poljski pokus u Teksaskim visoravnima kako bi odredili prinos kukuruza, ET i učinkovitost vode u uvjetima deficitnog navodnjavanja. Dva hibrida kukuruza (N74R, i N75H) su zasijani na slijedećim tretmanima navodnjavanja:  $I_{100}$ ,  $I_{75}$  i  $I_{50}$ , koji se odnose na 100 %, 75 % i 50 % ETc) i tri gustoće sjetve (PD 6, PD 8 i PD 10, a odnose se na 6, 8 i 10 sjemenki/m<sup>2</sup>). Na  $I_{50}$  tretmanu navodnjavanja stres izazvan nedostatkom vode je smanjio prinos zrna za 4,78 t/ha kod N74R hibrida, te 4,22 t/ha kod N75H hibrida u usporedbi s  $I_{100}$  tretmanom navodnjavanja. Niža ETc je zabilježena na  $I_{75}$  i  $I_{50}$  tretmanu navodnjavanja, a najveća učinkovitost vode je zabilježena na  $I_{75}$  tretmanu navodnjavanja. Hibrid N75H nije dao veće prinose od konvencionalnog N74R hibrida, ali

je imao veću stabilnost prinosa pri deficitnom navodnjavanju. Sušni uvjeti su smanjili biomasu, žetveni indeks i masu zrna, ali takvi uvjeti nisu značajno utjecali na broj zrna. Veća gustoća sjetve je povećala biomasu i broj zrna, ali smanjila masu zrna. Broj i masa zrna N74R hibrida su značajno varirali u odnosu na gustoću sjetve. Prema rezultatima istraživanja navodnjavanje na I<sub>75</sub> je učinkovit način uštede vode u blago sušnim uvjetima, a N75H hibrid ima veću stabilnost prinosa u stresnim uvjetima.

Marković i sur. (2017.) su proveli trogodišnje istraživanje (2010. – 2012.) u kojem se istraživao utjecaj pojedine godine (a<sub>1</sub> = 2010., a<sub>2</sub> = 2011., a<sub>3</sub> = 2012.) te učinkovitost navodnjavanja gdje su tretmani bili: b<sub>1</sub> = kontrola, b<sub>2</sub> = 60 do 80% PVK, te b<sub>3</sub> = 80 do 100% PVK. Dodane količine dušičnog gnojiva iznosile su: c<sub>1</sub> 0 kontrola, c<sub>2</sub> = 100 kg N/ha te c<sub>3</sub> = 200 kg N/ha. Mjerila se njihova interakcija na prinos i komponente prinosa kukuruza: duljina klipa (DK), visina klipa (VK), masa zrna po klipu (MZ/K) te br. zrna po klipu (BZ/K) i njihova korelacija povezanosti. Utjecaj godine na prinos zrna nije bio izrazit (a<sub>1</sub>: 8,6 t/ha, a<sub>2</sub>: 8,4 t/ha i a<sub>3</sub> 8,3 t/ha), jer je navodnjavanje značajno utjecalo na prinos zrna kukuruza, u ekstremno sušnoj i ekstremno toploj 2012. godini (a<sub>3</sub>b<sub>1</sub>: 6,7 t/ha, a<sub>3</sub>b<sub>2</sub>: 8,2 t/ha i a<sub>3</sub>b<sub>3</sub>: 9,9 t/ha). Vrlo značajno godina je utjecala na VK, DK i BZ/K. Povećanom normom navodnjavanja (od b<sub>1</sub> do b<sub>3</sub>) povećan je značajno i prinos zrna, VK i BZ/K. Povećanjem N gnojiva, značajno je povećan prinos zrna, DK, BZ/K i VK. Rezultati se razlikuju po godini jer su vegetacijska razdoblja obilježili ekstremni vremenski uvjeti (prekomjerne količine oborina 2010. do sušnih razdoblja 2011. i 2012. godine praćenih natprosječno visokim temperaturama zraka). Jaka pozitivna korelacija bila je između DK (0,55) i prinosa zrna te prinosa zrna i BZ/K (0,62).

### 3. MATERIJAL I METODE RADA

#### 3.1. Osnovna obilježja poljskog pokusa

Istraživanje je postavljeno na lokalitetu općine Petrijevci (45°36'36" N, 18°32'24" E, 98 m.n.m.) tijekom 2020. godine, na površinama „OPG Josip Andrišić“ (slika 12.) čija je primarna djelatnost biljna proizvodnja (proizvodnja ratarskih kultura). Petrijevci se nalaze nedaleko od Osijeka u kontinentalnom području Republike Hrvatske.



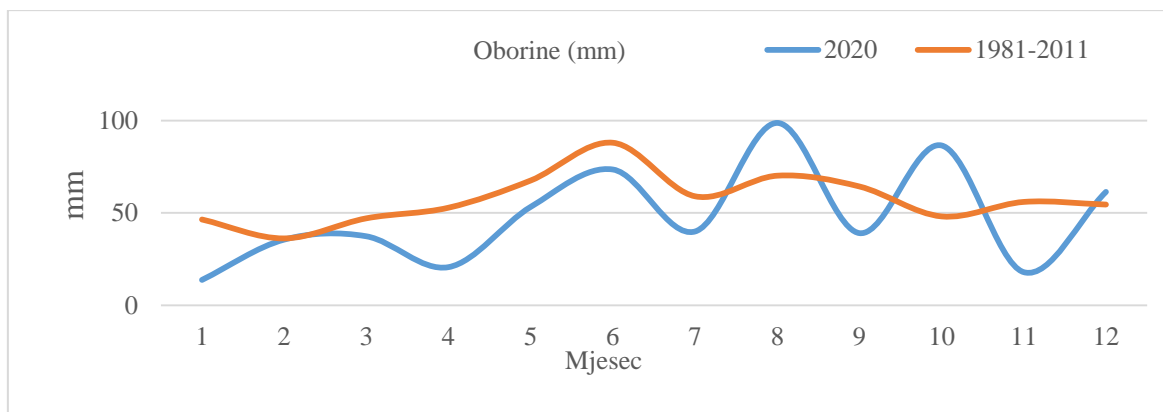
Slika 12. Arkod preglednik pokusne parcele

Ivor: <http://preglednik.arkod.hr/ARKOD-Web/>

Klima istočne Hrvatske je umjerena, subhumidna kontinentalna klima (Cfwbx), koju karakteriziraju promjenjivi vremenski uvjeti te učestale i intenzivne izmjene tijekom godine (Zaninović i sur., 2008.). Tijekom višegodišnjeg razdoblja (1981.-2010.) na području Petrijevaca količina oborina bila je 690 mm, odnosno 401,9 mm tijekom razdoblja vegetacije (travanj-rujan).

Podaci o minimalnoj i maksimalnoj mjesečnoj temperaturi zraka, mjesečnoj količini oborina, vlažnosti zraka, brzini vjetra i ispolaciji su preuzete od Državnog hidrometeorološkog zavoda.

Mjesečna količina oborina za 2020. godinu i višegodišnji prosjek za područje Osijeka je prikazan grafikonom 1.



Grafikon 1. Mjesečna količina oborina (mm) tijekom 2020. godine i višegodišnji prosjek (1981.-2010.)

Tijekom razdoblja istraživanja ukupna količina oborina bila je 325 mm što je za 16 % manje u odnosu na višegodišnji prosjek, no treba naglasiti kako je raspored oborina bio prilično povoljan za jare kulture. Tijekom razdoblja istraživanja je količina oborina bila znatno manja tijekom mjeseca travnja (21 mm; 1981.-2010. = 52,8 mm) i srpnja (40 mm; 1981.-2010. = 64,8 mm), te znatno veća tijekom mjeseca kolovoza (99 mm; 1981.-2010. = 70,2 mm).

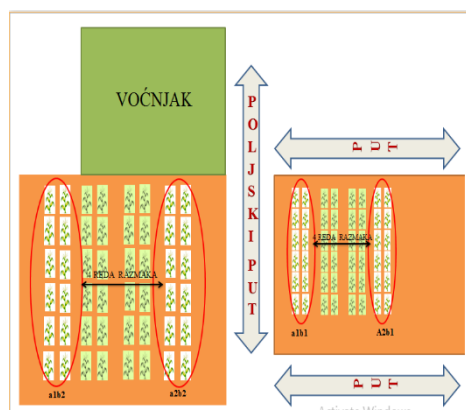
Tijekom razdoblja vegetacije kukuruza (tablica 2.) na području Petrijevac srednja dnevna temperatura zraka bila je 18,7 °C, odnosno 1,15 °C viša u odnosu na višegodišnji prosjek (198.-2010.).

Tablica 2. Mjesečne vrijednosti temperature zraka (°C), relativne vlažnosti zraka (%), brzine vjetra (km/h), trajanja sunca (h/dan) i evapotranspiracije (ET<sub>o</sub>, mm/dan) tijekom razdoblja istraživanja

| Mjesec  | T <sub>maksimalna</sub> (°C) | T <sub>minimalna</sub> (°C) | T <sub>prosijek</sub> (°C) | Relativna vlažnost zraka (%) | Brzina vjetra | Trajanje sunca (h/dan) | ET <sub>o</sub> (mm/dan) |
|---------|------------------------------|-----------------------------|----------------------------|------------------------------|---------------|------------------------|--------------------------|
| Travanj | 20,3                         | 4,1                         | 12,2                       | 56                           | 2,1           | 9,6                    | 3,09                     |
| Svibanj | 21,2                         | 9,9                         | 15,3                       | 69                           | 1,9           | 6,8                    | 2,94                     |
| Lipanj  | 26,1                         | 14,5                        | 20,2                       | 72                           | 1,8           | 7,2                    | 3,41                     |
| Srpanj  | 28,5                         | 15,2                        | 22,3                       | 67                           | 1,7           | 10,2                   | 4,21                     |
| Kolovoz | 29,9                         | 17,4                        | 23,4                       | 71                           | 1,6           | 9,4                    | 4,32                     |
| Rujan   | 26,0                         | 12,4                        | 18,8                       | 68                           | 1,6           | 8,0                    | 3,54                     |

Prosječna evapotranspiracija (ET<sub>o</sub>) tijekom vegetacije kukuruza bila je 3,5 mm/dan, što je za 0,69 mm više u odnosu na višegodišnji prosjek (Tablica 2.). Zamjetno viša ET<sub>o</sub> je bila u proljetnim i ljetnim mjesecima. Tijekom mjeseca travnja ET<sub>o</sub> je bila za 1,19 mm viša u odnosu na višegodišnji prosjek, dok je tijekom mjeseca kolovoza bila viša za 1,07 mm. Navedeno ukazuje na povećanu potrebu biljaka za vodom koja bi se trebala nadoknaditi navodnjavanjem.

Na pokusnoj parceli je pjeskovito glinasta ilovača (PGI, 32 % gline, <28 % praha i >45 % pijeska), volumne gustoće (vt, 1,5 g/cm<sup>3</sup>), te PVK-om od 27 % vol.. Poljsko istraživanje je postavljeno kao dvočimbenični pokus prema split-plot metodi u tri ponavljanja (slika 13.). Ukupna površina pokusne parcele je bila 1 344 m<sup>2</sup>.



Slika 13. Shema poljskog pokusa

Svaka pokusna parcela se sastojala od dva reda kukuruza dužine 40 m. Međuredni razmak sjetve je bio 70 cm, a razmak sjetve unutar reda je bio 20 cm. Između svake sjetvene parcele je zasijano četiri reda kukuruza koji su služili kao zaštitni pojas, odnosno kako ne bi došlo do miješanja tretmana navodnjavanja.

### 3.2. Tretmani u poljskom pokusu

Prvi čimbenik u istraživanju je bilo navodnjavanje prema slijedećim tretmanima: a1 = navodnjavano i a2 = nenavodnjavano. a1 tretman navodnjavanja proveden je tako da obroci navodnjavanja uz oborine i zalihu vode u tlu u potpunosti zadovolje potrebe biljaka



za vodom (100 % ETc). ETc je određena pomoću CROPWAT 8.0 računalnog modela u kojega je integrirana Penman-Montheith formula za određivanje ETo (Allen i sur., 1998.). Kukuruz je navodnjavan površinskom metodom, odnosno brazdama tako što je voda dovedena do svake brazde tijekom navodnjavanja. Duljina brazde je pratila duljinu sjetvenog reda (40 m) s padom od 0,2 %. Pad brazde je usklađen s tipom tla tako da se izbjegnu nepotrebni gubici vode nastali procjeđivanjem vode u dublje slojeve tla te kako bi voda dospjela do kraja ili donje razine brazde. Izmjeren protok vode u brazdi je bio 0,5 l/s. Izvor vode za navodnjavanje bio je zdenac 17 m dubine koji se nalazi u blizini pokusne parcele. Trenutak početka navodnjavanja je određen prema mjerenju vlažnosti tla metodom tenziometrije kada je sadržaj vode u tlu bio 70 % od PVK. Sadržaj vode u tlu je mjereno tenziometrima (Irrometer Company Inc.) koji su bili postavljeni na dubinu od 30 cm na svakom tretmanu navodnjavanja (navodnjavano i nenavodnjavano, slika 14.).



Slika 14. Tenziometar

Fotografija: Andrišić K., 2020.

Tenziometri su prije postavljanja u tlo umjereni metodom gravimetrije. Uzorci tla uzeti su u posudu zapremnine 2 l, prosijani i zasićeni vodom, te je u svaki uzorak tla postavljen jedan senzor. Prije postavljanja senzora načinjena je kapica od blata kako bi se omogućio što bolji kontakt senzora s tlom. Uzorak tla je vagan u prosjeku dva puta dnevno te su usporedno s masom zabilježena i očitavanja sa tenziometra. Nakon što je tenziometar dosegao područje iznad 35 cbar, što je umjeravanjem određeno kao kraj raspona djelovanja, određena je trenutna vlažnost tla prema slijedećem izrazu:

$$Trv = \frac{mv - ms}{ms} \times 100$$

gdje je:

Trv = trenutna vlažnost (%)

mv = masa vlažnog tla (g)

ms = masa suhog tla (g).

Prema rezultatima umjeravanja vrijednosti od 0 do 15 cbar predstavljaju vlažnost tla kod PVK-a, a 20 cbar vrijednost lentokapilarne vlažnosti (LKV). Navodnjavanje je provedeno na način da se vrijednost ETc nadoknadi obrokom navodnjavanja. Obrok navodnjavanja je određen prema slijedećem izrazu (Tomić, 1988.):

$$O = 100 \times vt \times h \times (PVK - Trv)$$

Gdje je:

O = obrok navodnjavanja (mm)

vt = volumna gustoća tla (g cm<sup>3</sup>)

h = dubina vlaženja (m)

PVK = poljski vodni kapacitet (%)

Trv = trenutna vlažnost (%).

Obrok navodnjavanja od 45 mm je bio jednak tijekom razdoblja vegetacije kukuruza te na svim tretmanima navodnjavanja, a određen je prema tehničkom minimumu 70 % od PVK-a.

Učinkovitost navodnjavanja je određena prema slijedećem izrazu (Takac i sur., 2008.):

$$UN = \frac{Pn}{Po} * 100$$

gdje je:

UN = učinkovitost navodnjavanja (%)

Pn = prinos na navodnjavanom tretmanu (t/ha)

Po = prinos na nenavodnjavanom tretmanu (t/ha).

Učinkovitost norme navodnjavanja je određena prema sljedećem izrazu (Boss, 1979.):

$$UNN = \frac{Pn - Po}{Nn}$$

gdje je:

UNN = učinkovitost norme navodnjavanja (kg/ha/mm)

Pn = prinos na navodnjavanom tretmanu (kg/ha)

Po = prinos na nenavodnjavanom tretmanu (kg/ha)

Nn = norma navodnjavanja (mm).

Učinkovitost vode ( $\text{kg/m}^3$ ) predstavlja količinu vode koja je utrošena ( $ET_o$ ) za sintezu kg organske tvari je analizirana primjenom sljedećeg izraza (Viets, 1966.):

$$UV = \frac{P}{ET_o}$$

Gdje je:

UV = učinkovitost vode ( $\text{kg/m}^3$ )

P = prinos (kg)

$ET_o$  = potencijalna evapotranspiracija ( $\text{m}^3$ ).

Drugi čimbenik (b) u istraživanju je bio hibrid kukuruza. Posijana su dva hibrida slične vegetacijske skupine: b1 = OSSK515 i b2 = P0216. Hibridi pripadaju FAO skupinama 500 i 520 (nešto kasnije dozrijevanje), a osnovna namjena im je berba u klip u ili kombajniranje za zrno. Veličina i oblik klipa za oba hibrida prikazani su na slici 15. Karakteristike OSSK515 hibrida (b1) su prema proizvođaču visoka, čvrsta, lisnata stabljika otporna na polijeganje, klip krupan i cilindričan sa 16 do 18 redi zrna u vidu pravog zubana. Krasi ga visoka otpornost i tolerantnost na bolesti te štetnike. Karakteristika mu je i izrazito brzo

otpuštanje vlage iz zrna. Hibrid P02016 (b2) osim otpuštanja vlage iz zrna ima izuzetno visok potencijal rodnosti. Klip je veći, a zrno je duboko zasadeo na klipu, te kvalitetno formira 16 do 18 redova. Ima visoku otpornost na stres u nicanju (te općenito na sušu), zbog čega je dobar izbor za rane rokove sjetve. Kod ovog hibrida je vrlo razvijen korijen i čvrsta stabljika.



Slika 15. Klip OSSK515 (lijevo) i P0216 hibrida (desno)

Fotografija: Andrišić K., 2020.

Kukuruz je zasijan pneumatskom sijačicom 8. travnja 2020. godine na dubinu od 6 cm. Predkultura na pokusnoj parceli je bila pšenica. Provedena je standardna agrotehnika u uzgoju kukuruza. Obavljena je osnovna gnojidba pod brazdu s 400 kg/ha, formulacije 0-20-30, te u proljeće sa 180 kg/ha uree prije same sjetve. Prilikom sjetve N gnojidba je važna kako bi biljke imale potrebna hranjiva tijekom faze nicanja. Međuredna prihrana je provedena u fazi 8 do 10 listova 25. 05. 2020. godine sa 220 kg ha<sup>-1</sup> KAN-a. Provedena je i zaštita usjeva (slika 16.) od širokolisnih i uskolisnih korova primjenom sistemskog, rezidualnog herbicida koji se primjenjuje nakon nicanja kukuruza (preko lista).



Slika 16. Primjena herbicida traktorskom prskalicom

Fotografija: Andrišić K., 2016.

### 3.3. Prikupljanje i obrada podataka

Tijekom razdoblja vegetacije izmjerena je visina kukuruza do klipa i metlice. Visina do klipa (VK) i visina do metlice (VM) mjerene su u fazi mliječne zriobe na četiri nasumično odabrane biljke na svakom tretmanu istraživanja. Tijekom berbe kukuruza uzorkovani su klipovi s četiri biljke te je izmjerena masa klipa (MK, g), duljina klipa (DK, cm), promjer klipa (PK, cm), broj zrna po klipu (BZ/K), te masa zrna po klipu (MZ/K). Prinos zrna je određen za svaki tretman istraživanja te preračunat na 14 % vlage. Vlaga zrna (VZ, %) određena je pomoću vlagomjera „Wile-55“ (slika 17.).



Slika 17. Vlagomjer Wile – 55

Fotografija: Andrišić K., 2020.

Hektolitarska masa (HL) kukuruza izmjerena je na uređaju PERTEN am 52000-A (slika 18.). Vlaga zrna i hektolitarska masa izmjerene su u laboratoriju Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek. Podaci su statistički obrađeni računalnim programom STATISTICA (StatSoft Inc.). Razlika aritmetičkih sredina uzoraka je testirana dvosmjernom analizom varijance ANOVA ( $p = 0,01$ ;  $p < 0,05$ ). Povezanost promatranih varijabli je određena korelacijskom analizom, a jakost i smjer korelacije određene su Pearsonovim koeficijentom.



Slika 18. Uređaj za mjerenje hektolitarske mase

Fotografija: Marković M., 2020.

## 4. REZULTATI

### 4.1. Utjecaj navodnjavanja i hibrida na prinos i komponente prinosa kukuruza

U tablici 3. su prikazani prosjeci po tretmanima istraživanja te značajnost tretmana. Prinos zrna kukuruza je bio u rasponu od 11,47 t/ha na a2 tretmanu navodnjavanja do 16,44 t/ha na a1 tretmanu. Odnosno, prinos zrna je bio značajno viši ( $p < 0,05$ ) na navodnjavanom tretmanu.

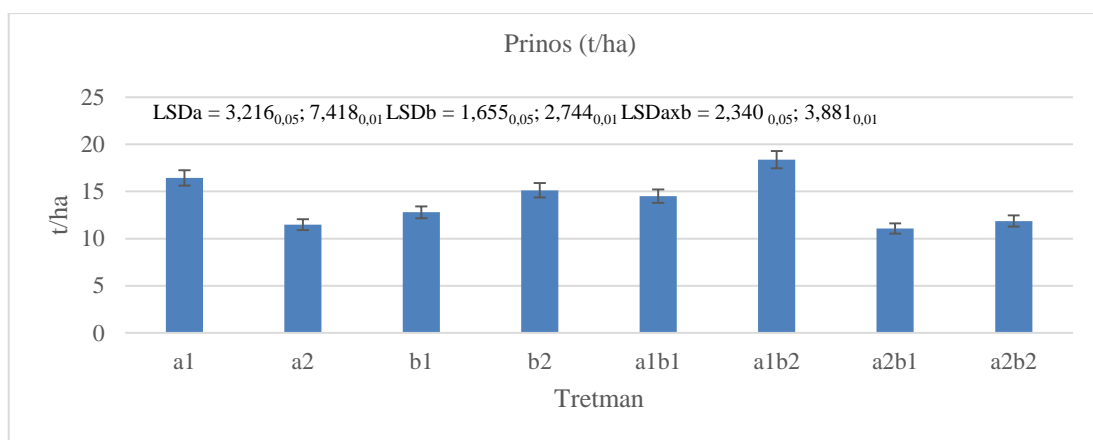
Tablica 3. Prosječne vrijednosti varijabli po tretmanima istraživanja i značajnost tretmana

|               | Navodnjavanje (a) |        | Hibrid (b) |         | a x b  |         |        |         |
|---------------|-------------------|--------|------------|---------|--------|---------|--------|---------|
|               | a1                | a2     | b1         | b2      | a1b1   | a1b2    | a2b1   | a2b2    |
| <b>Prinos</b> | 16,44*            | 11,47  | 12,79      | 15,12*  | 14,5   | 18,4**  | 11,1   | 11,9    |
| <b>MZ/K</b>   | 259,75            | 220,14 | 182,09     | 297,8** | 193,3  | 326,2*  | 170,9  | 269,4*  |
| <b>BZ/K</b>   | 569               | 522    | 535        | 556     | 558    | 580     | 513    | 532     |
| <b>MK</b>     | 264,5             | 232,0  | 205,2      | 291,3** | 231,0  | 298*    | 179,3  | 284,7** |
| <b>DK</b>     | 20,7              | 19,45  | 19,3       | 20,86   | 20,15  | 21,25   | 18,44  | 20,46   |
| <b>PK</b>     | 47,84             | 46,02  | 45,84      | 48,02   | 46,34  | 49,33   | 45,33  | 46,71   |
| <b>BK</b>     | 1,0               | 1,08   | 1,25       | 1,0     | 1,13   | 1,04    | 1,04   | 1,13    |
| <b>HL</b>     | 70,84             | 66,39  | 66,55      | 70,87*  | 68,00  | 73,67*  | 67,67  | 65,1    |
| <b>VZ</b>     | 11,22**           | 10,34  | 10,72      | 10,84   | 11,77  | 10,67   | 9,67   | 11,00   |
| <b>VK</b>     | 114,92*           | 99,63  | 106,54     | 108,0   | 98,42  | 100,83  | 112,25 | 117,58* |
| <b>VM</b>     | 181,26*           | 159,42 | 167,68     | 173,46  | 175,94 | 186,58* | 159,42 | 160,33  |

MZ/K = masa zrna po klipu; BZ/K = broj zrna po klipu; MK = masa klipa; DK = dužina klipa; PK = promjer klipa; BK = broj klipova; HK = hektolitar; VZ = vlažnost zrna; VK = visina klipa; VM = visina metlice; a1 = navodnjavano; a2 = nenavodnjavano; b1 = OSSK515; b2 = P02016; a1b1 = navodnjavano x OSSK515; a1b2 = navodnjavano x P02016; a2b1 = nenavodnjavano x OSSK515; a2b2 = nenavodnjavano x P02016; \* =  $p < 0,05$ , \*\* =  $p < 0,01$

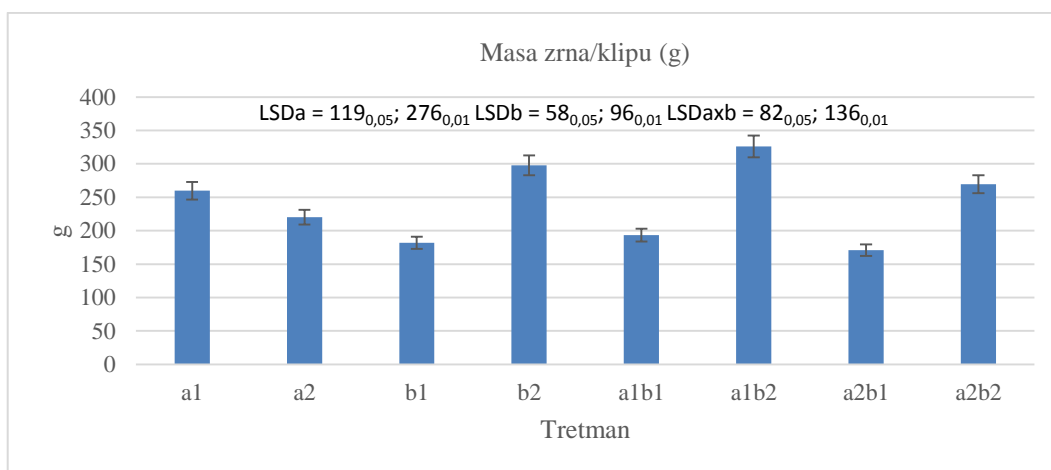
Značajno ( $p < 0,05$ , tablica 3) viši prinos zrna je zabilježen kod b2 hibrida (P0216). U prosjeku je prinos zrna b2 hibrida bio za 18,2 % viši u odnosu na b1 hibrid (14,5 t/ha). Na navodnjavanom tretmanu (a1) je prinos zrna kod b2 hibrida (a1b2) bio značajno veći ( $p =$

0,01) u odnosu na b1 hibrid (a1ba) i to za 26,9 %. Na nenavodnjavanom tretmanu (a2) prinos zrna bio je gotovo jednak za oba hibrida (grafikon 2.).



Grafikon 2. Utjecaj navodnjavanja i hibrida na prinos zrna kukuruza

Navodnjavanje nije značajno utjecalo na MZ/K (tablica 3.), premda je veća masa zrna zabilježena na a1 tretmanu navodnjavanja. Značajno veća ( $p = 0,01$ , tablica 3.) MZ/K je ostvarena kod b2 hibrida (297,8 g). Na oba tretmana navodnjavanja je kod hibrida b2 zabilježena značajno veća MZ/K ( $p < 0,05$ ), za 68,8 % na a1b2 i za 57,6 % na a2b2 tretmanu (grafikon 3.).



Grafikon 3. Utjecaj navodnjavanja i hibrida na masu zrna/klipu (g)

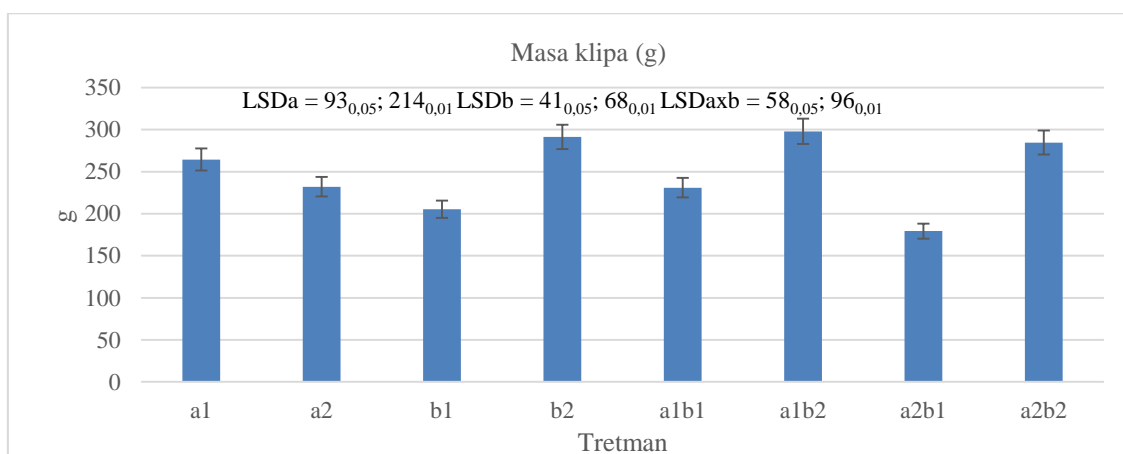


Nisu zabilježene statistički značajne razlike u BZ/K po tretmanu navodnjavanja niti hibrida kukuruza (tablica 3.). U prosjeku je veći BZ/K ostvaren na a1 tretmanu navodnjavanja i kod b2 hibrida (grafikon 4.).



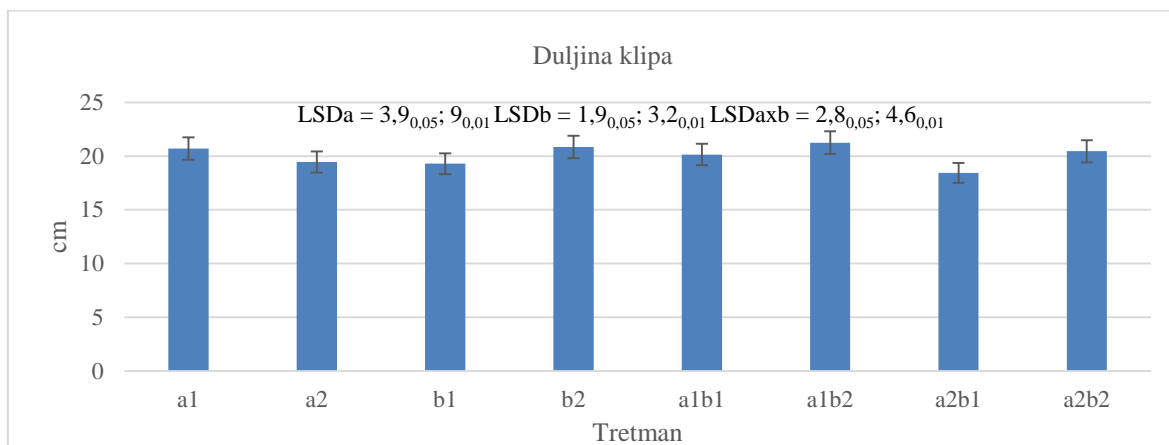
Grafikon 4. Utjecaj navodnjavanja i hibrida na broj zrna/klipu kukuruza

Veća MK je zabilježena na a1 tretmanu navodnjavanja, za 14 %, premda ne i statistički opravdano (tablica 3.). Kod hibrida b2 je zabilježena značajno ( $p = 0,01$ ) veća MK u odnosu na b1 hibrid. Na a1 i a2 tretmanu navodnjavanja je zabilježena značajno (a1,  $p < 0,05$ ; a2,  $p = 0,01$ ) veća MK kod b2 hibrida. Na a1b2 tretmanu je MK bila za 29 % veća u odnosu na a1b1 te za 58,8 % na a2b2 u odnosu na a2b1 tretman (grafikon 5.).



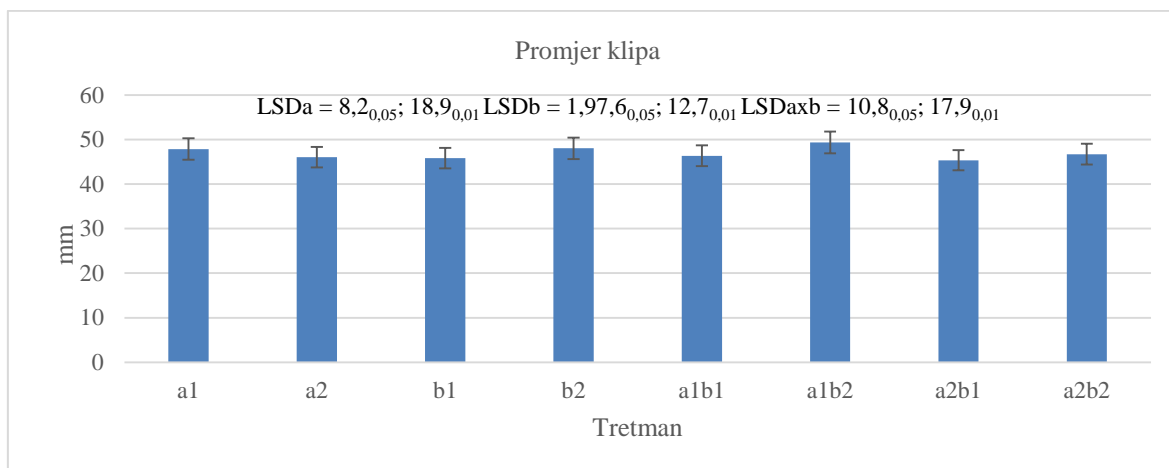
Grafikon 5. Utjecaj navodnjavanja i hibrida na masu klipa kukuruza

Nisu zabilježene statistički značajne razlike u DK u odnosu na tretman navodnjavanja niti hibrid kukuruza (tablica 3.). U prosjeku je veća DK zabilježena na a1 tretmanu navodnjavanja te kod b2 hibrida (grafikon 6.).



Grafikon 6. Utjecaj navodnjavanja i hibrida na duljinu klipa kukuruza (cm)

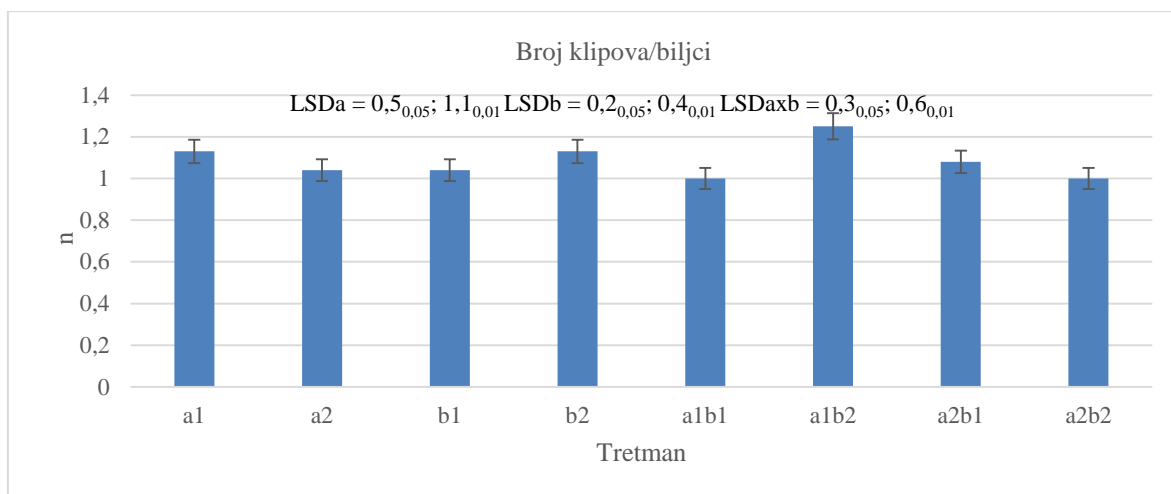
Veći PK je zabilježen na a1 tretmanu navodnjavanja te kod b2 hibrida, premda bez statističke značajnosti (tablica 3.). Na oba tretmana navodnjavanja je veći PK zabilježen kod b2 hibrida (grafikon 7.).



Grafikon 7. Utjecaj navodnjavanja i hibrida na promjer klipa kukuruza (mm)

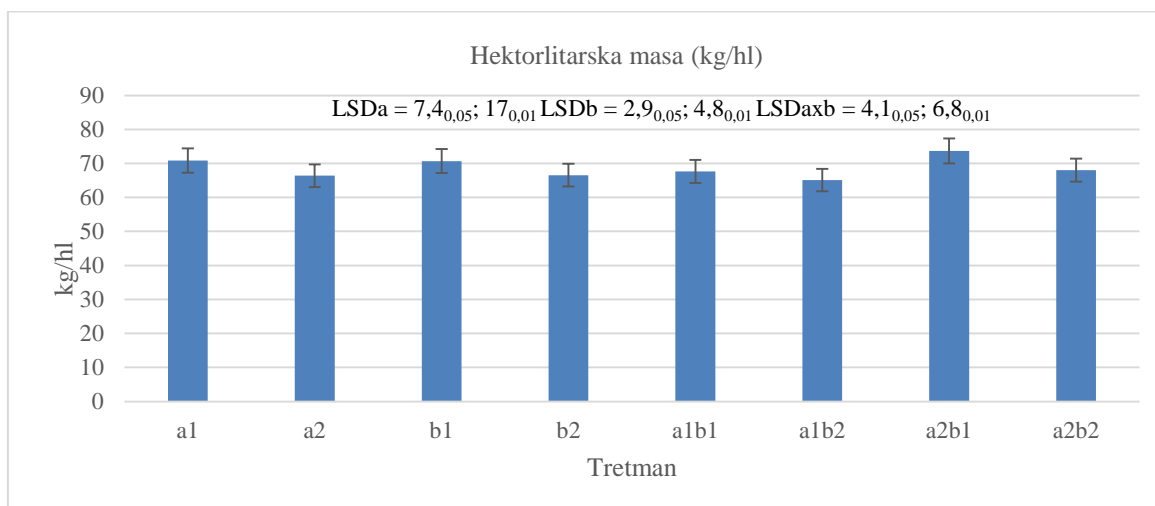
Nisu zabilježene statistički značajne razlike u pogledu BK po tretmanima istraživanja (tablica 3.). Kako je vidljivo iz grafikona 8., veći broj klipova je izmjereno na a1 tretmanu,

odnosno kod b2 hibrida. Što se tiče interakcije, najveći broj klipova je izmjeren na a1b2 tretmanu, a najmanji broj na a2b2 tretmanu.



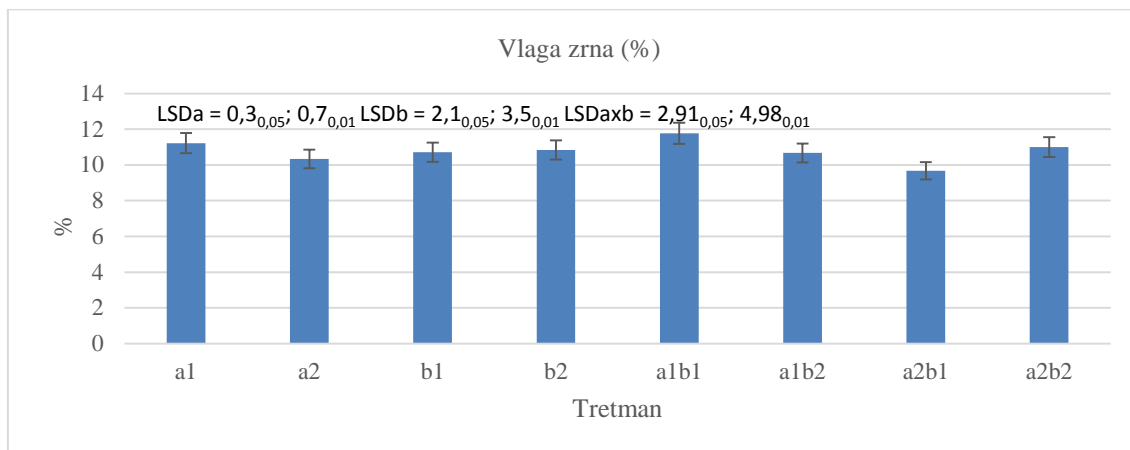
Grafikon 8. Utjecaj navodnjavanja i hibrida na broj klipova/biljci (n)

Veći HL kukuruza je izmjeren na a1 tretmanu navodnjavanja (grafikon 9.), premda ne statistički značajno. (tablica 3.) Značajno veći ( $p < 0,05$ ) HL je izmjeren kod b1 hibrida (70,67 kg/hl). Nadalje, značajno veći HL je na navodnjavanom tretmanu izmjeren kod b1 hibrida, a2b1 = 73,67 kg/hl.



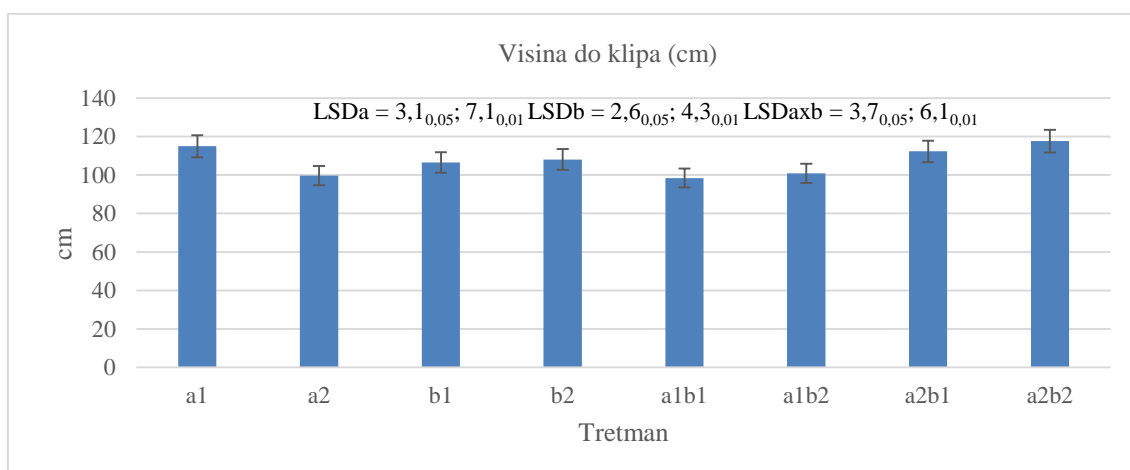
Grafikon 9. Utjecaj navodnjavanja i hibrida na hektolitarsku masu kukuruza (kg/hl)

VZ na navodnjavanom tretmanu je bila značajno veća ( $p < 0,01$ ) u odnosu na ne navodnjavani tretman (tablica 3.). Nisu zabilježene statistički značajne razlike u odnosu na hibrid kukuruza premda je veća vlaga zabilježena kod b2 hibrida (grafikon 10.).



Grafikon 10. Utjecaj navodnjavanja i hibrida na vlagu zrna kukuruza (%)

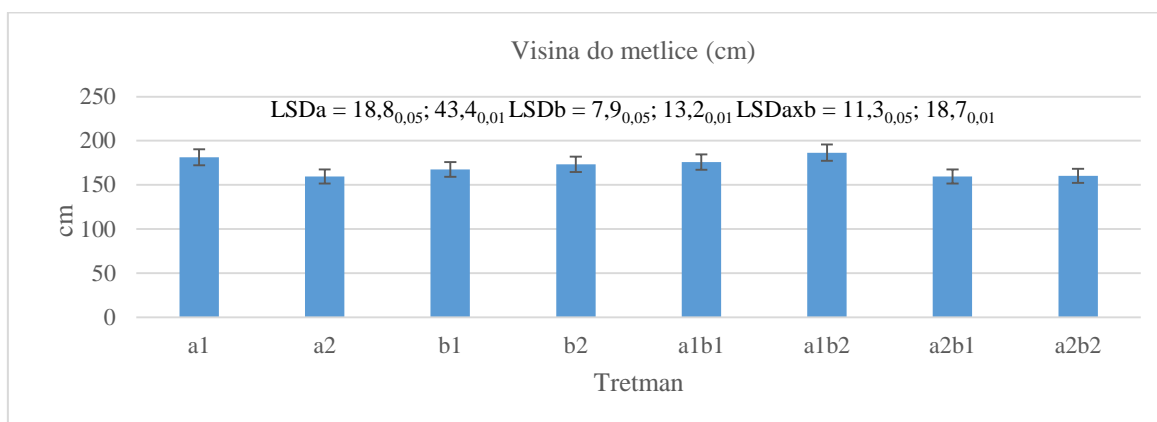
Zabilježene su statistički značajne razlike u VK po tretmanima navodnjavanja (tablica 3.). Značajno veća ( $p < 0,05$ ) VK je zabilježena na a1 tretmanu navodnjavanja (114,92 cm). Maksimalna VK je izmjerena kod b2 hibrida (grafikon 11.), premda nisu zabilježene statistički značajne razlike kod hibrida (tablica 3.). Što se tiče interakcije, VK na a2b2 tretmanu bila značajno veća ( $p < 0,05$ ) u odnosu na a2b1 tretman.



Grafikon 11. Utjecaj navodnjavanja i hibrida na visinu do klipa (cm)

Tretman navodnjavanja je značajno ( $p < 0,05$ ) utjecao na VM (tablica 3.). Na navodnjavanom tretmanu je VM bila veća za 21,8 cm u odnosu na nenavodnjavani tretman

(grafikon 12.). Nisu zabilježene statistički značajne razlike po hibridu kukuruza. Na navodnjavanom tretmanu je kod hibrida b2 zabilježena značajno veća VM ( $p < 0,05$ ; 186,58 cm) u odnosu na a1b1 hibrid kukuruza.



Grafikon 12. Utjecaj navodnjavanja i hibrida na visinu do metlice (cm)

#### 4.2. Korelacijska povezanost

Koeficijenti korelacijske povezanosti su prikazani u tablici 4. Statistički opravdane korelacije su naznačene crvenom bojom.

Tablica 4. Korelacijska povezanost između promatranih varijabli

|               | Navodnjavanje | Hibrid | Prinos | PK    | MK    | DK    | BZ/K  | MZ/K  | HL    | VZ    | VM    |
|---------------|---------------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>Hibrid</b> | -0,00         |        |        |       |       |       |       |       |       |       |       |
| <b>Prinos</b> | -0,61         | 0,73   |        |       |       |       |       |       |       |       |       |
| <b>PK</b>     | -0,23         | 0,29   | 0,39   |       |       |       |       |       |       |       |       |
| <b>MK</b>     | -0,34         | 0,79   | 0,90   | 0,26  |       |       |       |       |       |       |       |
| <b>DK</b>     | -0,41         | 0,51   | 0,77   | 0,28  | 0,89  |       |       |       |       |       |       |
| <b>BZ/K</b>   | -0,68         | -0,28  | 0,27   | -0,00 | 0,23  | 0,35  |       |       |       |       |       |
| <b>MZ/K</b>   | -0,56         | -0,23  | 0,28   | 0,49  | 0,24  | 0,45  | 0,71  |       |       |       |       |
| <b>HL</b>     | -0,11         | -0,51  | -0,42  | -0,15 | -0,50 | -0,26 | -0,05 | -0,04 |       |       |       |
| <b>VZ</b>     | -0,02         | 0,68   | 0,62   | 0,33  | 0,72  | 0,57  | -0,03 | 0,26  | -0,52 |       |       |
| <b>VM</b>     | -0,89         | -0,17  | 0,45   | 0,07  | 0,21  | 0,25  | 0,81  | 0,52  | -0,02 | -0,16 |       |
| <b>VK</b>     | 0,92          | -0,08  | -0,65  | -0,38 | -0,43 | -0,46 | -0,76 | -0,62 | 0,01  | -0,09 | -0,90 |

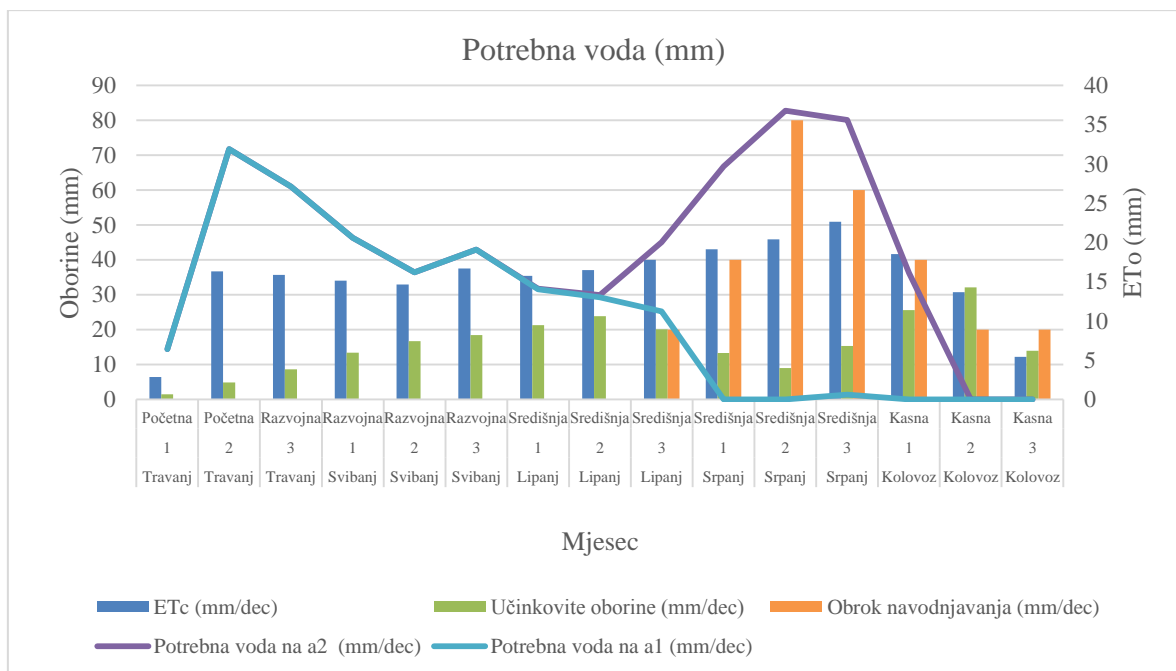
*MZ/K = masa zrna po klipju; BZ/K = broj zrna po klipju; MK = masa klipa; DK = dužina klipa; PK = promjer klipa; BK = broj klipova; HK = hektolitar; VZ = vlažnost zrna; VK = visina klipa; VM = visina metlice; crvena boja =  $p < 0,05$*

### **4.3. Učinkovitost navodnjavanja**

Učinkovitost navodnjavanja (UN) na a1 tretmanu je bila 280 %, Učinkovitost norme navodnjavanja (UNN) na tretmanu navodnjavanja je bila 17,75 kg ha<sup>-1</sup>/mm. Na navodnjavanom tretmanu je učinkovitost vode (UV) bila 4,59 kg za svaki utrošen mm u procesu ETo, Na tretmanu navodnjavanja je UV bila 3,2 kg/mm. UNN kod b1 hibrida kukuruza je bila 12,25 kg ha<sup>-1</sup>/mm, a kod b2 hibrida kukuruza 23,21 kg ha<sup>-1</sup>/mm. UV je kod b1 hibrida bila 3,57 kg/mm, a kod b2 hibrida 4,22 kg/mm. UV b1 hibrida u navodnjavanim uvjetima je bila 4,04 kg/mm, te 3,09 mm/kg u nenavodnjavanim uvjetima. UV b2 hibrida na a1 tretmanu navodnjavanja je bila 5,12 kg/mm, te 3,31 na a2 tretmanu navodnjavanja.

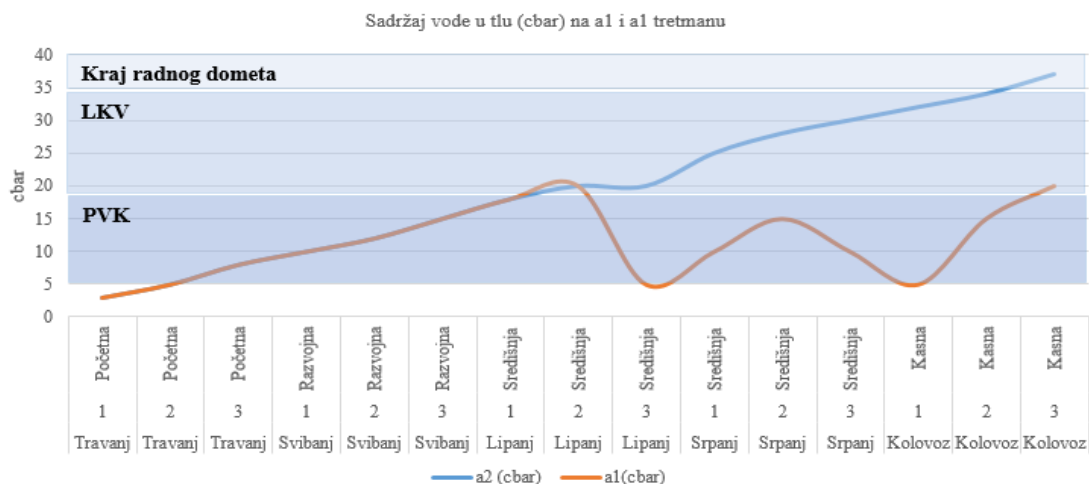
## 5. RASPRAVA

Tijekom početnog stadija kukuruza (prva i druga dekada mjeseca travnja) ETC je bila 43,1 mm, dok je učinkovitih oborina bilo 6,2 mm (grafikon 13.). Premda je u ovom dijelu vegetacije očito kako je potreba biljaka za vodom veća od učinkovitih oborina odnosno raspoložive vode, ne treba zanemariti količinu vode koja je akumulirana u tlu tijekom zimsko/proljetnog razdoblja kao i činjenicu da je usjev u ranom porastu. Slični uvjeti su prevladavali sve do druge dekade mjeseca lipnja, odnosno do početka središnje faze razvoja.



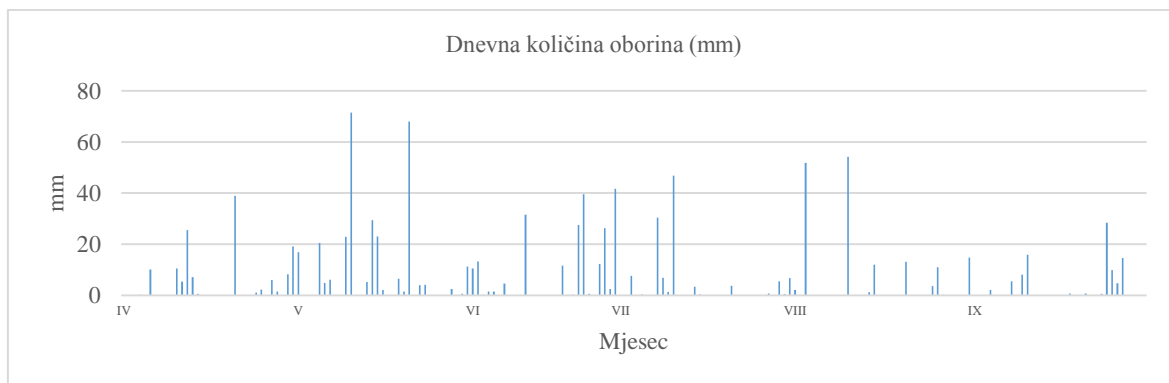
Grafikon 13. ETC, učinkovite oborine i potreba kukuruza za vodom (mm) po tretmanima istraživanja

Kako je prikazano grafikonom 14., sadržaj vode u tlu tijekom mjeseca svibnja (razvojna faza) je bio kod vrijednosti PVK-a. Nakon spomenute faze, sadržaj vode u tlu se postepeno smanjuje do vrijednosti LKV-i (18 cbar). Prvo navodnjavanje je bilo 10. 07. 2020. godine nakon čega je interval navodnjavanja bio tri do pet dana do kraja mjeseca kolovoza (kasna faza). Tijekom treće dekade mjeseca kolovoza, sadržaj vode u tlu na a2 tretmanu navodnjavanja bio je u rasponu od PVK-a do LKV-i. Norma navodnjavanja tijekom razdoblja istraživanja je bila 280 mm.



Grafikon 14. Sadržaj vode u tlu (cbar) na a1 i a2 tretmanu navodnjavanja

Tijekom spomenutog razdoblja na a1 tretmanu je sadržaj vode u tlu postepeno opadao ispod vrijednosti LKV-i i dosegao vrijednost točke venuća ( $T_v$ ) tijekom mjeseca kolovoza. Obrocima navodnjavanja je uspješno nadoknađena potreba biljaka za vodom na navodnjavanom tretmanu sve do kasne faze kada je pala znatna količina oborina (grafikon 15.).



Grafikon 15. Dnevna količina oborina (mm)

Ranija istraživanja Marković i sur. (2017.) također potvrđuju kako se prinos i komponente prinosa kukuruza uvelike razlikuju ovisno o vremenskim uvjetima tijekom razdoblja vegetacije. Autori naglašavaju kako se navodnjavanjem može nadoknaditi nedostatak vode i ublažiti vodni stres izazvan sušom, ali i da agrotehnička mjera navodnjavanja treba biti u skladu s agroekološkim čimbenicima kao što su vremenski uvjeti, gnojidba ili razina vode u tlu.



U ovom istraživanju se nedostatak oborina, odnosno vode u tlu u početnom dijelu vegetacije negativno odrazio na prinos zrna kukuruza, Prethodno objavljeni rezultati istraživanja (Çakir, 2004., Chaves i sur., 2003., Ge i sur., 2012.) potvrđuju važnost intenziteta suše te vremena, odnosno faze razvoja kukuruza u kojoj dolazi do pojave suše na prinos zrna kukuruza. He i sur. (2017.) navode kako stres izazvan sušom tijekom vegetativne faze kukuruza usporava rast te smanjuje lisnu površinu i u konačnici dovodi do smanjenja prinosa. Song i sur. (2019.) su istraživali utjecaj vodnog stresa različitim fazama razvoja kukuruza na prinos zrna. Stres izazvan sušom je promatran u ranom vegetativnom porastu, zatim u fazi intenzivnog vegetativnog rasta, metličanju i nalijevanju zrna. U rezultatima istraživanja autori navode kako je suša u fazi početnog vegetativnog porasta imala veći negativan utjecaj na prinos zrna u odnosu na ostale promatrane faze.

Prema podacima dobivenim ovim istraživanjem jasno je vidljiv utjecaj navodnjavanja na prinos zrna kukuruza, odnosno pravilno određenog obroka i norme navodnjavanja. Također Kresović i sur. (2018.) u rezultatima istraživanja navode kako obrok navodnjavanja značajno utječe na prinos kukuruza. Nadalje, Salemi i sur. (2011.) te Kara i Biber (2008.) u rezultatima svojih istraživanja navode kako stres izazvan nedostatkom vode, odnosno navodnjavanje značajno utječu na prinos i komponente prinosa kukuruza. Rezultati istraživanja o utjecaju navodnjavanja na prinos zrna kukuruza nisu u potpunosti uniformni. Primjerice, Zhao i sur. (2019.) u rezultatima istraživanja navode kako su sušni uvjeti smanjili biomasu, žetveni indeks i MZ/K, ali takvi uvjeti nisu značajno utjecali na prinos zrna. Nadalje, prema istraživanju Bello (2008.) navodnjavanje značajno utječe na sadržaj vode u tlu, BK, masu svježeg zrna (kg) i masu suhog zrna (kg) dok ostale komponente prinosa (visina biljke, broj redova po klip, broj zrna po klip i masa 1000 zrna) nisu značajno varirale u odnosu na tretmane navodnjavanja. Öktem i sur. (2000.) navode statistički opravdan utjecaj godine i hibrida na prinos zrna, visinu biljaka, BZ/K, masu 1 000 zrna i VZ kukuruza dok tretmani navodnjavanja u njihovom istraživanju nisu bili statistički opravdani.

U ovom istraživanju je osim na prinos zrna, navodnjavanje značajno utjecalo na VZ, VK i VM. U pravilu je veća vrijednost navedenih varijabli zabilježena na navodnjanim tretmanima pri čemu je važno istaknuti i značajnost interakcije navodnjavanje x hibrid kukuruza za pojedine promatrane varijable. Na primjer kod VK i VM nije zabilježena statistička značajnost hibrida kukuruza, ali je interakcija navodnjavanja i hibrida bila

značajna ( $p < 0,05$ ) pri čemu je u pravilu kod hibrida b2 zabilježena veća visina i na navodnjavanom i nenavodnjavanom tretmanu.

Što se tiče hibrida kukuruza, odnosno značajnosti ovog čimbenika u istraživanju, analizom varijance je utvrđeno značajno variranje prinosa zrna, MZ/K, MK te HM po hibridu kukuruza. U pravilu su veće vrijednosti promatranih varijabli zabilježene kod b2 hibrida (P02016). Salemi i sur. (2011.) navode značajane razlike između hibrida na prinos zrna, dok utjecaj na masu 1000 zrna, broj zrna po redu, BZ/K i visinu zrna nije statistički opravdan. Wagar i sur. (2007.) također navode značajan utjecaj hibrida na prinos i komponente prinosa kukuruza te navode da je razlog tomu različito genetsko podrijetlo linija.

Provedena je analiza korelacijske povezanosti kako bi se utvrdila značajnost veze između prinosa i komponenti prinosa kukuruza. Prethodno objavljena istraživanja autora Mohan i sur. (2002.). Oktem (2008.) ukazuju na značajnost veze između prinosa zrna i broj zrna/klipu kukuruza, U ovom istraživanju je najjača veza pozitivnog smjera utvrđena između prinosa zrna kukuruza i BZ/K ( $r = 0,97$ ;  $p < 0,01$ ) što je u skladu s istraživanjima Aman i sur. (2019.), Pored BZ/K, jaka pozitivna korelacija između prinosa zrna i VK ( $r = 0,65$ ;  $p < 0,05$ ). Nadalje, između prinosa zrna i DK ( $r = 0,78$ ;  $p < 0,05$ ), prinosa zrna i MK ( $r = 0,89$ ;  $p < 0,05$ ). Slične rezultate u svom istraživanju navode Carpici i Celik (2010.), Allhussein i Idris (2017.) te Icoz i Kara (2009.). Važno je naglasiti kako pojedina istraživanja ne navode značajnu povezanost između prinosa zrna kukuruza i komponenti prinosa. Na primjer, u rezultatima istraživanja Ergul i Soylu (2009.) je navedeno kako nisu utvrđene značajne korelacije između prinosa zrna, VK ili VM, PK, te broja listova.

## **6. ZAKLJUČAK**

Rezultati istraživanja provedenog 2020. godine pokazuju kako navodnjavanje u odnosu na nenavodnjavano ima svoj utjecaj na prinos i kvalitetu zrna kukuruza. Svojstva koja su se ispitivala pokusom pokazuju rast nakon primjenjivanih tretmana navodnjavanja. Vidljiva je i razlika između pojedinih hibrida kukuruza. Iz toga se može zaključiti kako nedostatak vode u tlu značajno utječe na prinos zrna kukuruza, ali i ostale komponente prinosa, te su razlike u reakciji na navodnjavanje djelom uzrokovane i genetskom komponentom. Navodnjavanje koje zadovoljava potrebe usjeva za vodom (u kritičnim fazama razvoja) doprinosi povećanju prinosa kukuruza.

## 7. POPIS LITERATURE

- Allen R.G., Pereira R.S., Raes D., Smith M. (1998.): Crop evapotranspiration - guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56” Food and agriculture organization of the united nations, Rome, Italy,
- Allhusein M.B., Idris A.E. (2017.): Correlation and path analysis of grain yield components in some maize (*Zea Mays* L,) genotypes. International Journal of Advanced Research and Publications, 1(1): 79-82.
- Aman J., Bantte K., Alamerew S., Sbhatu D.B. (2019.): Correlation and path coefficient analysis of yield and yield components of quality protein maize (*Zea mays* L,) hybrids at Jimma, Western Ethiopia. International Journal of Agronomy, 2020: 9651537.
- Bello W.B. (2008.): The effect of rain-fed and supplementary irrigation on the yield and yield components of maize in Mekelle, Ethiopia. Ethiopian Journal of Environmental Studies and Management, 1(2): 2008.
- Boss M.G. (1979.): Standards for irrigation efficiencies of ICID. Journal of Irrigation and Drainage, 105: 37-43.
- Çakir R. (2004.): Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn, Field Crops Research.89: 1–16.
- Chaves M.M., Marôco J.P., Pereira J.S., Chaves M.M. (2003.): Understanding plant responses to drought—From genes to the whole plant. Funct. Plant Boil., 30: 239–264.
- Carpici B.E., Celik N. (2010.): Determining possible relationships between yield and yield-related components in forage maize (*Zea mays* L.) using correlation and path analyses. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 38(3): 280-285.
- Ergul Y., Soylu S. (2009.): Evaluation of yield and morphological characters as selection criteria in silage maize cultivars. International Journal of Biosciences, 4(4): 170-175.
- Farhad W., Cheema M.A., Saleem M.F., Hammad H.M., Bilal M.F. (2009.): Response of maize hybrids to composted and non-composted poultry manure under different irrigation regimes. International Journal of Agriculture & Biology, 13(6): 923-928.
- Gagro M. (1997.): Žitarice i zrnate mahunarke. Prosvjeta, d.d., Bjelovar.

Ge T., Sui F., Bai L., Tong C., Sun N. (2012.): Effects of water stress on growth, biomass partitioning, and water-use efficiency in summer maize (*Zea mays* L.) throughout the growth cycle. *Acta Physiologiae Plantarum*, 34: 1043–1053.

He J., Wen R., Tian S., Su Y., He X., Su Y., Cheng W., Huang K., Zhang S. (2017.): Effects of drought stress and re-watering on growth and yield of various maize varieties at tasseling stage. *Agricultural science and technology*, 18(7): 1145-1151,

Holjević D. (2006.): Što je NAPNAV? *Hrvatska vodoprivreda*, 166: 4-8.

Icoz M., Kara S.M. (2009.): Effect of plant density on yield and yield component relationships in silage corn. VIII. Field Crops Congress in Turkey, 19-22 October, 2009, 869-872.

Josipović M., Kovačević V., Rastija D., Tadić L., Šoštarić J., Plavšić H., Tadić Z., Dugalić K., Marković M., Dadić T., Šreng Ž., Ljekar Ž. (2013.): Priručnik o navodnjavanju za edukaciju polaznika projekta IRRI. Poljoprivredni institut, 2013,

Kara T., Biber C. (2008.): Irrigation frequencies and corn (*Zea mays* L.) yield relation in northern Turkey. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 11(1): 123-126.

Kovačević V., Rastija M. (2014.): Žitarice. Interna skripta, Poljoprivredni fakultet u Osijeku.

Kresović B., Gajić B., Tapanarova A., Dugalić G. (2018.): How irrigation water affects the yield and nutritional quality of maize (*Zea mays* L.) in a Temperate Climate. *Polish Journal of Environmental Studies*, 27(3): 2018.

Madjar S., Šoštarić J. (2009.): Navodnjavanje poljoprivrednih kultura. Poljoprivredni fakultet u Osijeku.

Marković M., Šoštarić J., Josipović M., Barać Ž. (2017.): Učinkovitost sustava za navodnjavanje kukuruza (*Zea mays* L.) ovisno o različitim vremenskim uvjetima, normi navodnjavanja i N gnojidbi. *Glasnik zaštite bilja*, 4: 60-70.

Mohan Y.C., Singh D.K., Rao N.V. (2002.): Path coefficient analysis for oil and grain yield in maize (*Zea mays* L.) genotypes. *National Journal of Plant Improvement*, 4(1): 75-76.

- Öktem A. (2008.): Effects of deficit irrigation on some yield characteristics of sweet corn. *Bangladesh Journal of Botany*, 37(2): 127-131.
- Öktem A., Öktem G., Ülger A.C. (2000.): Corn (*Zea mays L.*) adaptation studies under irrigated conditions of southeastern Anatolia region of Turkey. *Poljoprivreda*, 6(2): 27-34.
- Pevalek – Kozlina B. (2003.): *Fiziologija bilja*. Profil International, Zagreb, 2003.
- Pospišil A. (2010.): *Ratarstvo I dio*. Zrinski d.d., Čakovec.
- Radić Lj. (1973.): *Žitarice i zrnati usjevi*. Interna skripta, Osijek,
- Salemi H., Mohd A., Mohd S., Teang S.L., Mohd K.Y., Desa A. (2011.): Effects of deficit irrigation on water productivity and maize yields in arid regions of Iran. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Sciences*, 34(2): 207-216.
- Sani B.M., Abubakar I.U., Falaki A.M., Mani H., Jaliya M.M. (2014.): Grain yield and yield components of quality protein maize genotypes as influenced by irrigation and plant population in the Nigerian savannah. *Journal of Agricultural Science*, 6(4): 2014.
- Song L., Jin J., He J. (2019.): Effects of Severe Water Stress on Maize Growth Processes in the Field. *Sustainability*, 11(18): 5086.
- Takac J., Nejedlik P., Siska B. (2008.): *Irrigation water use efficiency*. Adagio, Cecilia, Cost734 Workshop. Jois, AT, 6-8 October, 2008.
- Tomić F. (1988.): *Navodnjavanje*. Zagreb, 1988.
- Viets F. (1966.): *Increasing water use efficiency by soil management*. U: *Plant Environment and Efficient Water Use*; Pierre W., Kirkham D., Pesek J., Shaw R., Eds.,; American Society of Agronomy: Madison, WI, USA, 259–274.
- Zaninović K., Gajić-Čapka M., Perčec Tadić M., Vučetić M., Milković J., Bajić A., Cindrić K., Cvitan L., Katušin Z., Kaučić D., Likso T., Lončar E., Lončar Ž., Mihajlović D., Pandžić K., Patarčić M.S. (2008.): *Climate atlas of Croatia: 1961. – 1990.: 1971. – 2000*. Croatian Meteorological and Hydrological Service, Zagreb.
- Zhao J., Xue Q., Hao B., Marek T.H., Jessup K.E., Xu W., Beane B.W., Colaizzi P.D. (2019.): Yield determination of maize hybrids under limited irrigation. *Journal of crop improvement*, 33(3): 410–427.

Zovkić I. (1981.): Proizvodnja kukuruza. Zadrugar, Sarajevo.

Wagar A., Hidayat R., Kafeel A., Iqbal M., Ahmad K. (2007.): Genetic variability among maize hybrids for yield and yield components. Sarhad Journal of Agriculture, 23(1): 75-80.

Internetske stranice:

<https://www.agroklub.com/poljoprivredni-oglasnik/oglas/p0216-hibrid-kukuruza-zuban-fao-450/15773/>

<https://www.agroportal.hr/agro-baza/sortne-liste/ratarske-kulture/kukuruz-ratarske-kulture/grupa-500/10152>

<https://www.croatiaweek.com/croatias-2020-maize-crop-highest-in-past-10-years/>

<https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3196&context=usdaarsfacpub>

[http://pinova.hr/hr\\_HR/baza-znanja/ratarstvo/kukuruz/morfologija-kukuruza](http://pinova.hr/hr_HR/baza-znanja/ratarstvo/kukuruz/morfologija-kukuruza)

[https://www.researchgate.net/profile/MumtazCheema/publication/286333854\\_Response\\_of\\_Maize\\_Hybrids\\_to\\_Composted\\_and\\_Noncomposted\\_Poultry\\_Manure\\_under\\_Different\\_Irrigation\\_Regimes/links/569e2a8008ae00e5c9919190/Response-of-Maize-Hybrids-to-Composted-and-Non-composted-Poultry-Manure-under-Different-Irrigation-Regimes.pdf](https://www.researchgate.net/profile/MumtazCheema/publication/286333854_Response_of_Maize_Hybrids_to_Composted_and_Noncomposted_Poultry_Manure_under_Different_Irrigation_Regimes/links/569e2a8008ae00e5c9919190/Response-of-Maize-Hybrids-to-Composted-and-Non-composted-Poultry-Manure-under-Different-Irrigation-Regimes.pdf)

<https://smarter.hr/u-hrvatskoj-pod-sustavima-navodnjavanja-tek-25-posto-poljoprivrednih-povrsina/>

## 8. SAŽETAK

Istraživanje je provedeno na lokalitetu općine Petrijevci tijekom 2020. godine. Poljsko istraživanje je postavljeno kao dvočimbenični pokus prema split-plot metodi u tri ponavljanja. Prvi čimbenik u istraživanju je bilo navodnjavanje: a1 = navodnjavano i a2 = nenavodnjavano. Kukuruz je navodnjavao površinskom metodom, pomoću brazdi, a trenutak početka navodnjavanja je određen mjerenjem sadržaja vode u tlu. Drugi čimbenik (b) u istraživanju je predstavljao hibrid kukuruza: b1 = OSSK515 i b2 = P0216. Cilj istraživanja je bio proučiti utjecaj navodnjavanja te hibrida kukuruza na prinos i komponente prinosa hibrida kukuruza: visinu biljaka do klipa (VK) i metlice (VM), promjer klipa (PK), masu klipa (MK), duljinu klipa (DK), broj zrna po klipcu (BZ/K), masu zrna po klipcu (MZ/K), hektolitarsku masu (HM) i vlagu zrna (VZ). Prinos zrna kukuruza je bio značajno viši ( $p < 0,05$ ) na navodnjavanom tretmanu (16,44 t/ha) te kod b2 hibrida (15,12 t/ha). Kod hibrida b2 je zabilježena značajno ( $p < 0,01$ ) veća MK (291,3 g) u odnosu na b1 hibrid (205,2 g). MZ/K (b1 = 182,09 g, b2 = 297,8 g) i HM (b1 = 66,55 kg/hl, b2 = 70,87 kg/hl). Na a1b2 tretmanu je MK bila za 29 % veća u odnosu na a1b1 te za 58,8 % na a2b2 u odnosu na a2b1 tretman. VZ na navodnjavanom tretmanu je bila značajno veća ( $p < 0,01$ ) u odnosu na ne navodnjavani tretman (a1 = 11,2 %, a2 = 10,34 %). Značajno veća ( $p < 0,05$ ) VK (a1 = 114,92 cm, a2 = 99,63 cm) i VM (a1 = 181,26 cm, a2 = 159,42 cm) je zabilježena na a1 tretmanu navodnjavanja. Učinkovitost navodnjavanja (UN) na a1 tretmanu je bila 280 %. Učinkovitost norme navodnjavanja (UNN) na a1 tretmanu navodnjavanja je bila 17,75 kg ha<sup>-1</sup>/mm. Na a1 tretmanu učinkovitost vode (UV) je bila 4,59 kg za svaki utrošen mm u procesu ETo. Na a2 tretmanu UV je bila 3,2 kg/mm.

**Ključne riječi:** kukuruz. navodnjavanje. hibrid. prinos. komponente prinosa. učinkovitost vode. učinkovitost navodnjavanja



## 9. SUMMARY

The field study was conducted in Petrijevcu during maize growing season 2020 as a two-factor study, split-plot method in three replicates. The main study factor was irrigation treatment: a1 = irrigated, a2 = rainfed. Maize crop was irrigated with furrows, while the irrigation time was determined with tensiometers. Two maize hybrids from the similar maturity groups were used in the study: b1 = OSSK515 and b2 = P0216. The goal was to study the impact of irrigation and hybrid on maize grain yield (GY) and following yield components: tassel height (TH), ear height (EH), cob diameter (CD), cob weight (CW), cob length (CL), grain number per cob (GN/C), hectoliter weight (HW), grain weight per cob (GW/C) and grain moisture (GM). Significantly higher ( $p < 0.05$ ) GY was measured on irrigated plots ( $16.44 \text{ t ha}^{-1}$ ) and b2 hybrid ( $15.12 \text{ t ha}^{-1}$ ). Significantly higher ( $p < 0.01$ ) CW ( $b1 = 205.2 \text{ g}$ ,  $b2 = 291.3$ ), GW/C ( $b1 = 182.09 \text{ g}$ ,  $b2 = 297.8 \text{ g}$ ), and HW ( $b1 = 66.55 \text{ kg/hl}$ ,  $b2 = 70.87 \text{ kg/hl}$ ) were recorded for b2. As for the interaction, CW in a1b2 treatment was 29% higher compared to a1b1, and 58.8% higher on a2b2 treatment compared to a2b1. GM ( $a1 = 11.2\%$ ,  $a2 = 10.3\%$ ) was higher on  $p < 0.01$  level, while EH ( $a1 = 114.92 \text{ cm}$ ,  $a2 = 99.63 \text{ cm}$ ) and TH ( $a1 = 181.26 \text{ cm}$ ,  $a2 = 159.42 \text{ cm}$ ) were higher on  $p < 0.05$  level of significance on irrigated plot. Irrigation efficiency was 280%, irrigation water use efficiency  $17.75 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ . Water use efficiency ranged from  $3.2 \text{ kg/mm}$  (a2) to  $4.59 \text{ kg/mm}$  (a1).

**Key words:** Maize, irrigation, hybrid, yield, yield components, water use efficiency, irrigation efficiency

## 10. POPIS SLIKA

- Slika 1.: Adventivno zračno korijenje (str. 3.)
- Slika 2. Stabljika kukuruza (str. 4.)
- Slika 3.: Listovi kukuruza (str. 5.)
- Slika 4.: Metlica kukuruza (str. 6.)
- Slika 5.: Svila s polenovim zrnčima (str. 7.)
- Slika 6.: Cvat – klip (str. 7.)
- Slika 7.: Klica izbija iz sjemena (str. 9.)
- Slika 8.: Međuredna kultivacija (str. 13.)
- Slika 9.: Sjetva pneumatskom sijačicom (str. 15.)
- Slika 10.: Berba kukuruza (str. 17.)
- Slika 11.: Tifon sustav za navodnjavanje (str. 20.)
- Slika 12: Arkod preglednik pokusne parcele (str. 25.)
- Slika 13: Shema poljskog pokusa (str. 27.)
- Slika 14. Tenziometar (str. 28.)
- Slika 15: Klip OSSK515 (lijevo) i P0216 hibrida (desno) (str. 31.)
- Slika 16: Primjena herbicida traktorskom prskalicom (str. 31.)
- Slika 17. Vlagomjer Wile – 55 (str. 32.)
- Slika 18.: uređaj za mjerenje hektolitarske mase (str. 33.)

## **11. POPIS TABLICA**

Tablica 1. Kemijski sastav dijelova zrna kukuruza (str. 9.)

Tablica 2. Mjesečne vrijednosti temperature zraka (°C). relativne vlažnosti zraka (%). brzine vjetra (km/h). trajanja sunca (h/dan) i evapotranspiracije (ET<sub>0</sub>. mm/dan) tijekom razdoblja istraživanja (str. 26.)

Tablica 3. Prosječne vrijednosti varijabli po tretmanima istraživanja i značajnost tretmana (str. 34.)

Tablica 4. Korelacijska povezanost između promatranih varijabli (str. 40.)

## 12. POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Mjesečna količina oborina (mm) tijekom 2020. godine i višegodišnji prosjek (1981.-2010.) (str. 27.)

Grafikon 2. Utjecaj navodnjavanja i hibrida na prinos zrna kukuruza (str. 35.)

Grafikon 3. Utjecaj navodnjavanja i hibrida na masu zrna/klipu (g) (str. 35.)

Grafikon 4. Utjecaj navodnjavanja i hibrida na broj zrna/klipu kukuruza (str. 36.)

Grafikon 5. Utjecaj navodnjavanja i hibrida na masu klipa kukuruza (str. 36.)

Grafikon 6. Utjecaj navodnjavanja i hibrida na duljinu klipa kukuruza (cm) (str. 37.)

Grafikon 7. Utjecaj navodnjavanja i hibrida na promjer klipa kukuruza (mm) (str. 37.)

Grafikon 8. Utjecaj navodnjavanja i hibrida na broj klipova/biljci (n) (str. 38.)

Grafikon 9. Utjecaj navodnjavanja i hibrida na hektolitarsku masu kukuruza (kg/hl) (str. 38.)

Grafikon 10. Utjecaj navodnjavanja i hibrida na vlagu zrna kukuruza (%) (str. 39.)

Grafikon 11. Utjecaj navodnjavanja i hibrida na visinu do klipa (cm) (str. 39.)

Grafikon 12. Utjecaj navodnjavanja i hibrida na visinu do metlice (cm) (str. 40.)

Grafikon 13. ETc. učinkovite oborine i potreba kukuruza za vodom (mm) po tretmanima istraživanja (str. 42.)

Grafikon 14. Sadržaj vode u tlu (cbar) na a1 i a2 tretmanu navodnjavanja (str. 43.)

Grafikon 15. Dnevna količina oborina (mm) (str. 43.)

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Diplomski rad

Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Sveučilišni diplomski studij. Biljna proizvodnja

Utjecaj navodnjavanja na prinos i komponente prinosa hibrida kukuruza (*Zea mays L.*)

Kristina Andrišić

**Sažetak:** Istraživanje je provedeno na lokalitetu općine Petrijevci tijekom 2020. godine. Poljsko istraživanje je postavljeno kao dvočimbenični pokus prema split-plot metodi u tri ponavljanja. Prvi čimbenik u istraživanju je bilo navodnjavanje: a1 = navodnjavano i a2 = nenavodnjavano. Kukuruz je navodnjavan površinskom metodom, pomoću brazdi, a trenutak početka navodnjavanja je određen mjerenjem sadržaja vode u tlu. Drugi čimbenik (b) u istraživanju je predstavljao hibrid kukuruza: b1 = OSSK515 i b2 = P0216. Cilj istraživanja je bio proučiti utjecaj navodnjavanja te hibrida kukuruza na prinos i komponente prinosa hibrida kukuruza: visinu biljaka do klipa (VK) i metlice (VM), promjer klipa (PK), masu klipa (MK), duljinu klipa (DK), broj zrna po klipu (BZ/K), masu zrna po klipu (MZ/K), hektolitarsku masu (HM) i vlagu zrna (VZ). Prinos zrna kukuruza je bio značajno viši ( $p < 0,05$ ) na navodnjavanom tretmanu (16,44 t/ha) te kod b2 hibrida (15,12 t/ha). Kod hibrida b2 je zabilježena značajno ( $p < 0,01$ ) veća MK (291,3 g) u odnosu na b1 hibrid (205,2 g). MZ/K (b1 = 182,09 g, b2 = 297,8 g) i HM (b1 = 66,55 kg/hl, b2 = 70,87 kg/hl). Na a1b2 tretmanu je MK bila za 29 % veća u odnosu na a1b1 te za 58,8 % na a2b2 u odnosu na a2b1 tretman. VZ na navodnjavanom tretmanu je bila značajno veća ( $p < 0,01$ ) u odnosu na ne navodnjavani tretman (a1 = 11,2 %, a2 = 10,34 %). Značajno veća ( $p < 0,05$ ) VK (a1 = 114,92 cm, a2 = 99,63 cm) i VM (a1 = 181,26 cm, a2 = 159,42 cm) je zabilježena na a1 tretmanu navodnjavanja. Učinkovitost navodnjavanja (UN) na a1 tretmanu je bila 280 %. Učinkovitost norme navodnjavanja (UNN) na a1 tretmanu navodnjavanja je bila 17,75 kg ha<sup>-1</sup>/mm. Na a1 tretmanu učinkovitost vode (UV) je bila 4,59 kg za svaki utrošen mm u procesu ETo. Na a2 tretmanu UV je bila 3,2 kg/mm.

**Rad je izrađen pri:** Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

**Mentor:** Izv. prof. dr. sc. Monika Marković

**Broj stranica:** 55

**Broj grafikona i slika:** 33

**Broj tablica:** 4

**Broj literaturnih navoda:** 44

**Broj priloga:** 0

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Gljučne riječi:** kukuruz, navodnjavanje, hibrid, prinos, komponente prinosa, učinkovitost vode, učinkovitost navodnjavanja

**Datum obrane:**

**Povjerenstvo za ocjenu završnog rada:**

1. Prof. dr. sc. Mirta Rastija, predsjednik
2. Izv. prof. dr. sc. Monika Marković, mentor
3. dr. sc. Maja Matoša Kočar, član

Rad je pohranjen u: Knjižnica fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek. Sveučilište u Osijeku. Vladimira Preloga 1

## BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek  
Faculty of agrobiotechnical sciences Osijek  
University Graduate Studies. Plant production

Graduate thesis

Impact of irrigation on yield and yield components of maize hybrids (*Zea mays L.*)

Kristina Andrišić

**Summary:** The field study was conducted in Petrijevci during maize growing season 2020 as a two-factor study, split-plot method in three replicates. The main study factor was irrigation treatment: a1 = irrigated, a2 = rainfed. Maize crop was irrigated with furrows, while the irrigation time was determined with tensiometers. Two maize hybrids from the similar maturity groups were used in the study: b1 = OSSK515 and b2 = P0216. The goal was to study the impact of irrigation and hybrid on maize grain yield (GY) and following yield components: tassel height (TH), ear height (EH), cob diameter (CD), cob weight (CW), cob length (CL), grain number per cob (GN/C), hectoliter weight (HW), grain weight per cob (GW/C) and grain moisture (GM). Significantly higher ( $p < 0.05$ ) GY was measured on irrigated plots ( $16.44 \text{ t ha}^{-1}$ ) and b2 hybrid ( $15.12 \text{ t ha}^{-1}$ ). Significantly higher ( $p < 0.01$ ) CW (b1 = 205.2 g, b2 = 291.3), GW/C (b1 = 182.09 g, b2 = 297.8 g), and HW (b1 = 66.55 kg/hl, b2 = 70.87 kg/hl) were recorded for b2. As for the interaction, CW in a1b2 treatment was 29% higher compared to a1b1, and 58.8% higher on a2b2 treatment compared to a2b1. GM (a1 = 11.2%, a2 = 10.3%) was higher on  $p < 0.01$  level, while EH (a1 = 114.92 cm, a2 = 99.63 cm) and TH (a1 = 181.26 cm, a2 = 159.42 cm) were higher on  $p < 0.05$  level of significance on irrigated plot. Irrigation efficiency was 280%, irrigation water use efficiency  $17.75 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ . Water use efficiency ranged from 3.2 kg/mm (a2) to 4.59 kg/mm (a1).

Thesis performed at: Faculty of agrobiotechnical sciences Osijek

**Mentor:** Associated professor Monika Marković

**Number of pages:** 55

**Number of figures:** 33

**Number of tables:** 4

**Number of references:** 44

**Number of appendices:** 0

**Original in:** Croatian

**Key words:** Maize, irrigation, hybrid, yield, yield components, water use efficiency, irrigation efficiency

**Thesis defended on date:**

**Original in:** Croatian

**Reviewers:**

1. Professor Mirta Rastija, president of the Commission
2. Associated professor Monika Marković, mentor
3. PhD Maja Matoša Kočar, member of the Commission

Thesis deposited at: Library of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek. Josip Juraj Strossmayer University of Osijek. Vladimir Prelog 1